

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

Université A/Mira de Béjaïa
Faculté des Sciences Exactes
Département Informatique



Mémoire de fin de cycle

En vue d'obtention du diplôme master recherche en Informatique

Option

Réseaux & systèmes distribués

Thème

**Simulation & évaluation des performances des approches
de monitoring dans les réseaux mobiles ad hoc**

Présenté par :

M^r BELKATI Mustapha.

M^{elle} SEMACHE Meriem.

Devant le jury composé de :

Président : M^{er} Aloui Abdelouhab.

Encadreur : M^{elle} BATTAT Nadia.

Examinatrice 1 : M^{elle} BENSAID Samia.

Examinatrice 2 : M^{elle} BRAHIMI Samira.

Année universitaire 2014.

Remerciements

Nous remercions, avant tout, Dieu le tout puissant qui nous a donné la force, la volonté et la patience qui nous a permis d'accomplir ce modeste travail.

Nous remercions chaleureusement M^{lle} Battat d'avoir encadré ce travail, avec beaucoup de compétences. Merci pour votre optimisme, et la confiance que vous nous avez accordée au cours de cette année.

Merci à nos parents pour qui nous portons les plus nobles sentiments et les plus profondes estimes.

Aussi aux membres de jury qui ont bien voulu nous honorer, assister à notre soutenance et évaluer notre travail.

Nos remerciements vont bien entendu à nos proches qui nous ont soutenu et encouragé.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin.

Mustapha et Meriem.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à la femme la plus adorable au monde, à la femme que j'aime 'ma chère Maman' à qui grâce à elle je suis ce que je suis aujourd'hui.

A l'homme que j'aime, mon chère père qui ma aidé et encouragé.

A mon grand père, et ma grand mère, que j'adore énormément, et qui m'ont soutenu depuis ma néssance.

A mon chère binôme Mustapha, que je remercie du font de coeur, pour son encouragement et sa patience, grace à lui que ce travail à vue le jour.

A mon petit frère Mohamed, et a tout mes frère, et plus particulièrement, mes chère copines Lilia, Sabrina, Naila, et Fahima, et a tout mes amis.

Meriem.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à la femme la plus adorable au monde, à la femme que j'aime 'ma chère Maman' à qui grâce à elle je suis ce que je suis aujourd'hui.

A l'homme que j'aime, mon chère père qui ma aidé et encouragé.

A ma chère binôme Meriem, que je remercie du font de coeur, pour son encouragement et sa patience.

A mes frères et soeurs, et plus particulièrement mon frère Samire, qui ma aidé et soutenu durant tout l'année.

Mustapha.

Table des matières

Table des matières	i
Table des figures	iii
Liste des tableaux	iv
Introduction générale	vii
1 Généralités sur les réseaux mobiles ad hoc	1
1.1 Introduction	2
1.2 Les réseaux sans fils	2
1.2.1 Les classes des réseaux sans fils	2
1.2.2 Les technologies de communication sans fils	3
1.2.3 Les types des réseaux sans fils	4
1.3 Réseaux mobiles ad hoc	6
1.3.1 Caractéristiques	6
1.3.2 Les applications des réseaux mobiles ad hoc	7
1.4 Le routage dans les réseaux mobiles ad hoc	7
1.4.1 Classification des protocoles de routage des réseaux mobiles ad hoc	8
1.4.2 Avantages et inconvénients des protocoles de routages	9
1.5 Conclusion	10
2 Le monitoring dans les réseaux mobile ad hoc	11
2.1 Introduction	12
2.2 La supervision des réseaux mobiles ad hoc	12
2.3 La relation entre la supervision et le monitoring	12
2.4 Monitoring des réseaux mobiles ad hoc	12
2.4.1 Processus de la supervision	13
2.4.2 Les objectif de la supervision	16
2.4.3 Difficultés du monitoring des réseaux mobiles ad hoc	17
2.4.4 Technique de monitoring	17
2.5 Les modèles de gestion	18
2.5.1 Le modèle de l'information	18
2.5.2 Le modèle fonctionnel	18
2.5.3 Le modèle de communication	18
2.5.4 Les modèles organisationnels	18
2.6 Classification des approches de monitoring	21

2.6.1	Approches de monitoring centralisées plats	22
2.6.2	Approches de monitoring centralisées hiérarchiques	22
2.6.3	Approches de monitoring distribuées plats	25
2.6.4	Approches de monitoring distribuées hiérarchiques	30
2.6.5	Etude comparative	31
2.7	Conclusion	33
3	<i>Simulation et évaluation des performances</i>	34
3.1	Introduction	35
3.2	Evaluation des performances	35
3.3	Les critères d'évaluation	35
3.4	Le choix de l'environnement de simulation	35
3.5	Déroulement d'une simulation	36
3.5.1	Les approches choisies pour la simulation	36
3.5.2	Les paramètres de simulation	37
3.5.3	Approche basé sur la clustérisation	37
3.5.4	Les approches basées sur le routage	41
3.6	Evaluation des performances des approches choisies	45
3.6.1	L'approche basée sur la clustérisation	45
3.6.2	Les approches basées sur le routage	48
3.7	Comparaison entre les approches (HMA, OLSRM, NMCAM)	49
3.8	Conclusion	50
	Conclusion générale	51
	Bibliographie	52

Table des figures

1.1	Réseau avec infrastructure.	4
1.2	Réseau mobile sans infrastructure.	5
1.3	Changement de la topologie d'un réseau ad hoc.	6
1.4	Classification des protocoles de routage.	8
2.1	Collection de données.	13
2.2	Déclanchement d'alertes.	14
2.3	Le stockage des données.	15
2.4	Correction en fonction d'erreur.	16
2.5	Organisation centralisée.	19
2.6	Organisation centralisée hiérarchique.	20
2.7	Organisation distribuée.	20
2.8	Organisation distribuée hiérarchique.	21
2.9	Classification des approches de monitoring.	22
2.10	Architecture d'ANMP.	24
2.11	Architecture DRAMA.	25
2.12	Architecture DAMON.	27
2.13	Architecture de MMAN.	28
2.14	Architecture d'ADMA.	30
3.1	Les étapes de simulation.	36
3.2	La fenêtre principale.	37
3.3	Déploiement du réseau.	39
3.4	Formation des clusters et sélection des clusters head.	40
3.5	Informations sur les nœuds.	40
3.6	Déploiement du réseau.	42
3.7	Sélection des MPR.	43
3.8	Informations sur les nœuds.	44
3.9	Déploiement du réseau.	45
3.10	Paramètres de simulation.	46
3.11	Energie moyenne consommée pour la construction de la topologie.	47
3.12	Energie consommée pendant la collecte.	48
3.13	Energie moyenne consommée et nombre de message échangé.	49
3.14	Energie moyenne consommée pendant la collecte.	50

Liste des tableaux

1.1	Avantages et inconvénients des protocoles de routages	10
2.1	Etude comparative.	32
3.1	Paramètres de simulation.	37
3.2	Structure d'un nœud dans l'approche HMA.	38
3.3	Structure d'un nœud dans l'approche OLSRM.	41
3.4	Structure d'un nœud dans l'approche NMCAM.	45

Liste des abréviations

ABR Associativity Based Routing.
ADMA Autonomous decentralized Management Architecture for MANETs.
AODV Ad hoc On Distance Victor.
ANMP Graphical User Interface.
CDS Connected Dominating Set.
CLTC Cluster-Based Topology Control.
CPU Central Processing Unit.
DAMON A Distributed Architecture for Monitoring Multi hop Mobile Network.
DPA Domain Policy Agent.
DRAMA Dynamic Readdressing And Management for the Army.
DARPA Defence Advanced Research Agency.
DSDV Destination Sequenced Distance.
DSR Dynamic Source Routing.
FSR Fisheye State Routing.
GLOMO Global Mobile Information System.
GPA Global Policy Agent.
GSR Global State Routing.
GUI Graphical User Interface.
IETF Internet Engineering Task Force.
ISO International Standard Organisation.
LAR Location Aided Routing.
LCC Least Cluster Change.
LPA Local Policy Agent.
LPDP Local Policy Decision Point.
MANET Mobile Ad hoc NETWORK.
MIB Management Information Base.
MIS Maximal Independent Set.
MMAN Monitor for Mobile Ad hoc Network.
MMD Max-Min-d-cluster.
MPR Multi Points Relais.
OLSR Optimized Link State Routing Protocol.
OLSRM Optimized Link State Routing Protocol Monitoring.
PAN ad-hoc Personal Area Network ad-hoc.
PEP Policy Enforcement Point.
PDA Personal Digital Assistant.
QoSMI Quality of Service Monitoring Infrastructure.
SURAN SURvivable Radio Network.
TC Topology Control.
TDDs Time Dependent Digests.
TIDs Time Independent Digests.
VBB-QoS Virtual Backbone-QoS.
WANMON Wireless Ad hoc Network Monitoring Tool.
WIMAX Worldwide Interoperability for Microwave Access.
WLAN Wireless Local Area Network.

WMAN Wireless Metropolitan AreaNetwork.

WPAN Wireless Personal AreaNetwork.

ZRP Zone Routing Protocol.

Introduction générale

1. Contexte scientifique et technique

Ces dernières années le développement de la technologie sans fil a ouvert de nouvelles perspectives dans le domaine des télécommunications. Les réseaux sans fils connaissent aujourd'hui une forte expansion. Ils offrent une grande flexibilité d'emploi et ils permettent aux utilisateurs de se déplacer librement tout en continuant normalement leurs communications. Il existe deux types des réseaux sans fils, les réseaux avec infrastructure et les réseaux mobiles ad hoc. Les réseaux avec infrastructure sont basés sur un ensemble de sites fixes appelés stations de base, ces sites vont relier les différents nœuds mobiles pour former un réseau interconnecté. L'inconvénient de ce type de réseau c'est qu'il requière le déploiement d'une importante infrastructure fixe. Les réseaux ad hoc en contrepartie n'ont besoin d'aucune infrastructure fixe préexistante.

Un réseau ad hoc est constitué d'un ensemble d'unités de calcul portables comme les PDA (Personal Digital Assistant) et les laptops qui sont munis d'une interface de communications sans fil. Ces unités se déplacent librement dans une certaine zone géographique et forment ensemble d'une manière dynamique un réseau interconnecté. Pour pouvoir communiquer entre eux chaque unité mobile doit jouer le rôle d'un routeur et d'un terminal, et doit retransmettre les paquets des autres unités mobiles.

Ce mémoire entre dans le cadre d'évaluer les performances des approches de monitoring dans les réseaux mobiles ad hoc. Notre étude se base sur des travaux de recherche qui ont été fait, dans le but de choisir un modèle de monitoring adéquat aux réseaux mobiles ad hoc.

2. Problématique

Les approches de monitoring permettent aux utilisateurs de mieux gérer, surveiller et contrôler les réseaux, pour cela il est nécessaire de choisir une bonne approche afin de réaliser ces buts.

La problématique de nos travaux est d'évaluer ces approches afin de choisir l'approche la plus performante.

3. Organisation de mémoire

Dans le premier chapitre, nous avons présenté les environnements sans fils en générale et les réseaux mobiles ad hoc en particulier, nous avons commencé par une petite historique de ces réseaux, par la suite, nous avons introduit les caractéristiques, les domaines d'application, ainsi que la communication dans ces réseaux et nous avons achevé ce chapitre par un aperçu des protocoles de routage utilisés dans ces réseaux ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients.

Le deuxième chapitre est consacré au approches de monitoring, nous avons commencé par introduire la notion de la supervision dans les réseaux mobiles ad hoc, par la suite on a défini la notion de monitoring, ses difficultés, ses techniques. Enfin on a présenté une classification des approches de monitoring existantes et on a terminé ce chapitre par une étude comparative de ces approches.

Dans le dernier chapitre, on a présenté l'environnement de simulation, ensuite on a cité les approches de monitoring choisies, et la suite de chapitre est consacré pour la simulation de ces dernières et on a terminé ce chapitre par une analyse des résultats obtenu.

1

Généralités sur les réseaux mobiles ad hoc

1.1 Introduction

L'énorme avancée technologique dans le domaine de la communication sans fil a donné résultat à de grands travaux de recherche dans le domaine des réseaux informatique ce qui a amené l'arrivée des réseaux sans fils.

Aujourd'hui, les réseaux sans fils sont connus pour communiquer et transférer des données entre les terminaux mobiles. Il y a beaucoup de technologies des réseaux sans fils comme : Wifi, Bluetooth et infrarouge.

Les réseaux mobiles ad hoc sont un cas particulier des réseaux sans fil appelés généralement MANET (Mobile Ad hoc NETWORK) sont un nouveau type des réseaux basés sur la technologie sans fil. Un réseau ad hoc est constitué d'un ensemble d'unités de calcul portables comme les PDA (Personal Digital Assistant) et les laptops qui se déplacent librement et forment ensemble d'une manière dynamique un réseau interconnecté. Les réseaux mobiles ad hoc ne dépendent d'aucune infrastructure préétablie, les nœuds mobiles doivent coopérer ensemble pour pouvoir gérer leurs communications.

Dans ce chapitre, nous allons présenter en premier lieu, les réseaux sans fil, leurs technologies de communication, les deux classes qui le constituent. Ensuite nous allons introduire la notion des réseaux mobiles ad hoc, leurs caractéristiques, leurs domaines d'application, et nous finirons ce chapitre par le routage dans les réseaux ad hoc.

1.2 Les réseaux sans fils

Un réseau est dit mobile s'il permet à ses utilisateurs d'accéder à l'information indépendamment de leurs position géographique. Pour communiquer entre eux, les nœuds du réseau mobile utilisent une interface de communication sans fil (médium radio ou infrarouge), qui permet de propager les signaux sur une certaine distance. Les réseaux mobiles offrent une plus grande flexibilité d'emplois et un plus grand confort par rapport aux réseaux statiques.

1.2.1 Les classes des réseaux sans fils

1.2.1.1 Les réseaux de type WLAN

Les WLAN (Wireless Local Area Network) sont un domaine des télécommunications en pleine expansion. Ils font le pont entre la téléphonie et l'informatique et possèdent de nombreux avantages :

- ils permettent de rendre mobiles les équipements informatiques.
- ils autorisent des débits compatibles avec les applications informatiques actuelles.
- ils utilisent des bandes de fréquences libres de droit d'utilisation.
- ils ne nécessitent pas d'infrastructure.

1.2.1.3 Les réseaux de type WMAN

Les WMAN sont, comme leurs nom l'indique, des réseaux de grandes dimensions (plusieurs kilomètres). Dans cette catégorie, se trouvent la norme IEEE 802.16 ou WIMAX10.

1.2.1.1 Les réseaux de type WPAN

Les réseaux personnels sans fils (appelés également réseaux individuels sans fils ou réseaux domestiques sans fils et notés WPAN pour Wireless Personal Area Network) concernent les réseaux sans fils d'une faible portée, de l'ordre de quelques dizaines de mètres. Ce type de réseau sert généralement à relier des périphériques (imprimante, téléphone portable, appareils domestiques, ...) ou un assistant personnel (PDA) à un ordinateur sans liaison filaire.

Il peut aussi permettre la liaison sans fil entre deux machines très peu distantes. Il existe plusieurs technologies utilisées dans les WPAN.

1.2.2 Les technologies de communication sans fils

Beaucoup de standards et technologies sont apparus, les plus connues et utilisées sont :

- **L'infrarouge** : Le mode de communication par infrarouge est simple, peu réglementé et peu coûteux. En utilisant un faisceau de lumière, ce mode est basé sur l'utilisation des mêmes fréquences que celles utilisées sur les fibres optiques. Malgré que la lumière infrarouge possède une large bande passante, offrant par conséquent des débits relativement importants, la portée de ce type de communications reste faible. En revanche, les infrarouges peuvent pénétrer à travers le verre, mais pas à travers des obstacles opaques, ce qui représente un avantage en termes de sécurité. Mais, comme les réseaux infrarouges sont sensibles aux interférences lumineuses, la coupure du faisceau lumineux implique l'interruption de la transmission.

- **Le Bluetooth** : Bluetooth est une technologie émergente qui peut remplacer l'interconnexion en câble. Bluetooth permet aux équipements de connecter en distance courte. Il soutient la connexion orientée et le lien sans connexion. Pour le prix bon marché et la popularité de Bluetooth, cette technologie est non seulement un fondement idéal de LAN sans fils, mais encore une technologie potentielle de PAN ad hoc (Personal Area Network ad hoc).

- **Wifi (802.11 a/b/c/g /draft n)** : Wifi est une technique de réseau informatique sans fil pour fonctionner le réseau interne et un moyen d'accès à l'Internet. Il est basé sur la norme IEEE 802.11 (ISO/CEI 8802-11). La norme 802.11 est un standard international, il existe plusieurs normes comme : 802.11a, 802.11b, 802.11c, 802.11d, ...

- IEEE 802.11a : spécifie 52 canaux de sous porteuses radio dans la bande de fréquences de 5 GHz.
- IEEE 802.11b : spécifie 13 canaux dans la bande de fréquences de 2.4 GHz.
- IEEE 802.11 draft n : spécifie quelques canaux dans 2 bandes de fréquences de 2.4 GHz et 5 GHz.

-**Wimax (802.16d fixe / 802.16e mobile)** : Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) est une technologie de télécommunication sans fil qui est basé sur la norme IEEE 802.16. La vitesse WIMAX peut être jusqu'à 75 Mb/s. Aujourd'hui, on divise Wimax en 2 normes : 802.16d pour l'utilisateur fixe et 802.16e pour l'utilisateur mobile.

-**ZigBee (802.15.4 - Wireless Personal Area Network)** : ZIGBEE est une nouvelle technologie sans fil qui est présentée par le standard IEEE 802.15.4 PAN. Cette technologie conçoit les larges applications et pour remplacer les technologies non standards. Aujourd'hui, elle se marche dans la bande de 868 MHz en Europe, bande de 914 MHz aux États-Unis, et dans la bande ISM 2.4 GHz (Industrial, Scientific and Medical) au monde entier. ZIGBEE a pour but d'appliquer le WPAN (Wireless Personal Area Network).

1.2.3 Les types des réseaux sans fils

Nous pouvons distinguer deux types des réseaux sans fils, les réseaux mobiles avec infrastructure, et les réseaux mobiles sans infrastructure ou les réseaux ad hoc.

1.2.2.1 Les réseaux mobiles avec infrastructure

Un réseau avec infrastructure [1] est basé sur un ensemble de sites fixes appelés stations de base qui sont interconnectés entre eux à travers un réseau de communication filaire, chaque station de base peut communiquer directement en utilisant une interface sans fil avec les nœuds mobiles se trouvant dans une zone géographique limitée comme le montre la figure suivante [1] :

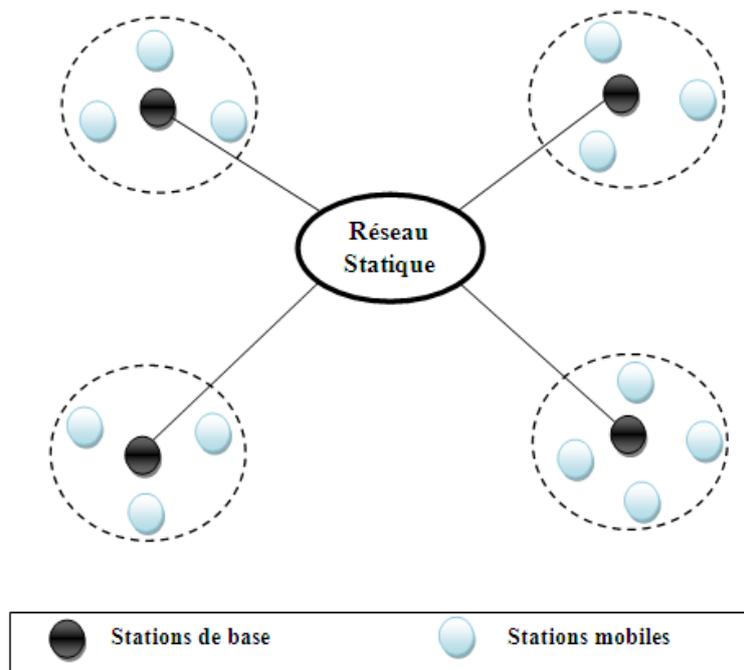


FIGURE 1.1 – Réseau avec infrastructure.

Un nœud dans les réseaux avec infrastructures, se connecte et communique avec les autres nœuds du réseau à travers la station de base la plus proche dans sa portée de communication, si le nœud mobile sort de la portée de cette station il doit trouver une autre station de base pour continuer la communication [1].

1.2.2.2 Les réseaux sans infrastructure (ad hoc)

Les réseaux sont composés d'un ensemble relativement dense des nœuds mobiles qui se déplacent librement dans une certaine zone géographique sans aucune infrastructure fixe préexistante, il ne comporte pas l'entité "site fixe", tous les sites du réseau sont mobiles et communiquent d'une manière directe en utilisant leurs interfaces de communication sans fils. L'absence de l'infrastructure ou du réseau filaire composé des stations de bases, oblige les unités mobiles à se comporter comme des routeurs qui participent à la découverte et la maintenance des chemins pour les autres hôtes du réseau [5].

La figure suivante illustre un réseau ad hoc composé de cinq nœuds mobiles[5].

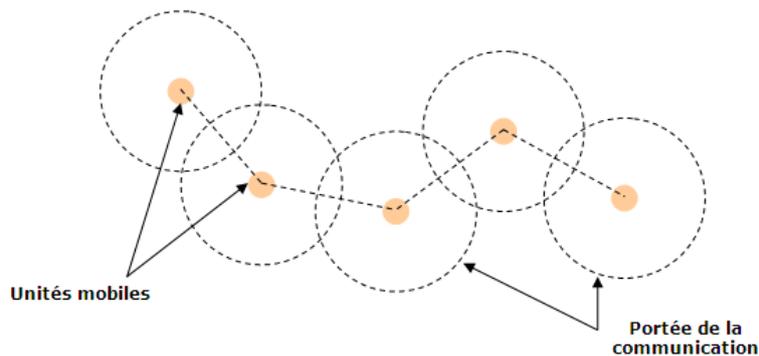


FIGURE 1.2 – Réseau mobile sans infrastructure.

1.3 Réseaux mobiles ad hoc

Les réseaux mobiles ad hoc ont été une application militaire née dans les années soixante dix avec la création du projet de la DARPA (Defence Advanced Reseach Agency) du département américaine appelé PRNet.

En 1983, le PRNet est prolongé par le projet SURAN (SURvivable Radio Network) en lui donnant un champ d'application un peu plus large que le champ de bataille, ce projet cherche à résoudre les problèmes liés à la gestion des ressources radio et aux problèmes de sécurité.

En 1994, la DARPA crée le projet GloMo (Global Mobile Information System) afin d'étudier la possibilité d'adapter les concepts d'Internet en pleine expansion à des utilisateurs mobiles.

En 1995, l'IETF (Internet Engineering Task Force) crée le groupe mobile ad hoc network ou MANET pour étudier les réseaux mobiles ad hoc dans le contexte de l'Internet [3].

1.3.1 Caractéristiques

Les réseaux mobiles ad hoc sont caractérisés principalement par :

- **Une topologie dynamique** : La topologie des réseaux mobiles ad hoc change rapidement, et aléatoirement, ceci est causé par la mobilité arbitraire des nœuds du réseau. Le changement de la topologie change les routes entre les nœuds et provoque la perte des paquets [1].

La (figure 1.3) illustre la topologie d'un réseau ad hoc avant et après le déplacement d'un nœud [1].

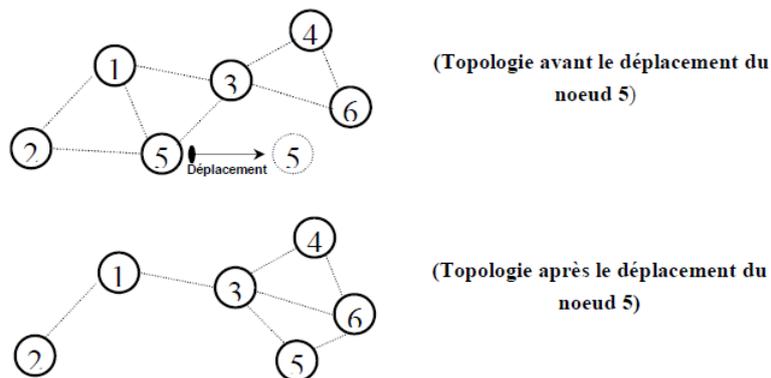


FIGURE 1.3 – Changement de la topologie d'un réseau ad hoc.

- **Une Bande passante limitée** : Le support physique sans fil offre une bande passante limitée qui doit être partagée entre les nœuds d'un même voisinage. La bande passante disponible dépend à la fois du nombre de nœuds présents dans le voisinage et du trafic de données à transporter, indépendamment des perturbations physiques qui peuvent intervenir [6].
- **Absence d'infrastructure** : Les réseaux mobiles ad hoc ne dépendent d'aucune infrastructure préétablie, ceci rend la gestion du réseau plus complexe [1].
- **Les ressources limitées** : Les nœuds mobiles dans les réseaux mobiles ad hoc ont des ressources très limitées, comme la capacité de calcul, de stockage et surtout d'énergie [3].
- **Sécurité limitée** : La nature du support physique ainsi que l'absence de coordination centrale rendent les réseaux mobiles ad hoc plus vulnérables que les infrastructures fixes. Une attaque par déni de service peut être facilement réalisée par un nœud malicieux en s'appropriant la bande passante ou en surchargeant un nœud voisin avec une quantité importante de trafic à router [7].

1.3.2 Les applications des réseaux mobiles ad hoc

Les réseaux mobiles ad hoc sont rapides et faciles à déployer, ils sont particulièrement intéressants pour les applications militaires ou l'installation d'infrastructure fixe, ils peuvent être aussi utilisées dans :

- **Les opérations de recherche et de secours** : En cas de tremblement de terre, de feux ou d'inondation, dans le but de remplacer rapidement l'infrastructure détruite.
- **Les gares et aéroports** : Pour la communication et la collaboration entre les membres du personnel.
- **Les applications industrielles** : Des scénarios plus complexes dans le domaine industriel peuvent former un MANET, pour s'adapter aux différents environnements. Un exemple d'une telle application est la formation d'un MANET pour la surveillance médicale.
- **Applications commerciales** : Pour un paiement électronique distant ou pour l'accès mobile à l'Internet, où service de guide en fonction de la position de l'utilisateur.

1.4 Le routage dans les réseaux mobiles ad hoc

Les réseaux mobiles ad hoc se caractérisent par une absence d'infrastructure et de gestion centralisée. Dans ce type de réseaux, chaque élément peut bien évidemment émettre et recevoir des messages, mais assure également un rôle de relais de l'information afin que les messages circulent dans le réseau de proche en proche. Chaque nœud du réseau doit donc

posséder des capacités de routage. Grâce à ce routage, la portée radio d'un nœud peut être virtuellement étendue en utilisant ses voisins comme relais de l'information [4].

1.4.1 Classification des protocoles de routage des réseaux mobiles ad hoc

Les protocoles de routages peuvent être classés comme suit :

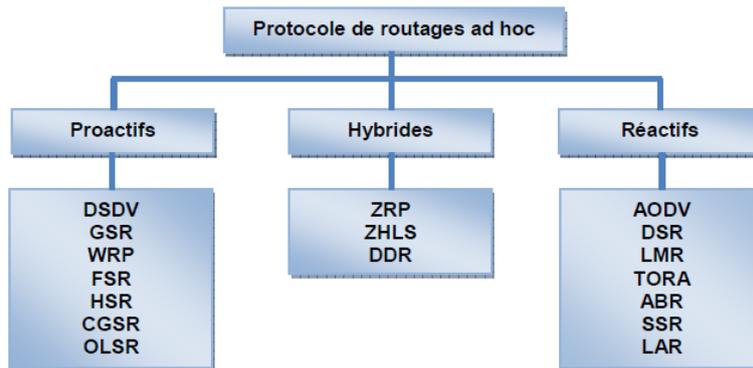


FIGURE 1.4 – Classification des protocoles de routage.

1.5.1.1 Protocoles pro-actifs

Les protocoles de routage pro-actifs pour les réseaux mobiles ad hoc, sont basés sur la même philosophie que les protocoles de routage utilisés dans les réseaux filaires conventionnels.

Les deux principales méthodes utilisées dans le routage des réseaux filaires sont : la méthode Etat de Lien (" Link State ") et la méthode du Vecteur de Distance (" Distance Vector "). Ces deux méthodes exigent une mise à jour périodique des données de routage qui doit être diffusée par les différents nœuds de routage du réseau. Les algorithmes de routage basés sur ces deux méthodes utilisent la technique des plus courts chemins, et permettent à un hôte donné de trouver le prochain hôte pour atteindre la destination, en utilisant le trajet le plus court existant sur le réseau [1].

Parmi les protocoles de routages pro-actifs les plus connus nous citons :

- OLSR (Optimized Link State Routing Protocol).
- DSDV (Destination Sequenced Distance Vector).

1.5.1.2 Protocoles réactifs

Les protocoles de routage appartenant à cette catégorie, créent et maintiennent les routes selon les besoins. Lorsque le réseau a besoin d'une route, une procédure de découverte globale de routes est lancée, et cela dans le but d'obtenir une information spécifiée, inconnue au préalable [8].

Les protocoles réactifs réduisent la charge des paquets de contrôle comparés aux protocoles pro-actifs, surtout si le réseau est très dynamique. Le problème avec ces protocoles c'est qu'ils ont un délai initial avant de commencer la transmission des paquets provoquer par la procédure de découverte de route, aussi la redécouverte de route en cas de coupure génère une charge supplémentaire [1].

Parmi les protocoles On-demand on peut cité :

- DSR (Dynamic Source Routing).
- AODV (Ad hoc On Distance Victor).

1.5.1.3 Protocoles hybrides

Les protocoles hybrides essaient de combiner les deux approches précédentes pour bénéficier de leurs avantages, ils utilisent un protocole Table-driven, pour connaître les voisins les plus proches, dans le but de réduire le délai et un protocole On-demand au-delà de cette zone prédéfinie dans le but de réduire la charge des paquets de contrôle.

Les protocoles hybrides cumulent aussi les inconvénients des protocoles Table-driven et des protocoles On-demand à savoir les paquets de contrôle périodique, et le délai de découverte de route. Parmi les protocole hybrides on peut cité le protocole ZRP (Zone Routing Protocol)[1].

1.4.2 Avantages et inconvénients des protocoles de routages

Le tableau ci-dessous présente les avantages et les inconvénients des différents protocoles de routage dans les réseaux mobiles ad hoc.

	Avantages	Inconvénients
Protocoles pro-actifs	- Une route est toujours disponible entre une source et une destination, rapide ce qui implique le gain du temps.	- Le coût, dû au maintien de la topologie, génère une consommation continue de la bande passante.
Protocoles réactifs	- La génération de trafic de contrôle ne se fait que lorsqu'il est nécessaire.	- L'inondation est un mécanisme très coûteux, génération de délai important pour ouvrir une route entre deux nœuds.
Protocoles hybrides	- Il s'adapte bien aux grands réseaux.	- Il combine les inconvénients des deux protocoles pro-actifs et réactifs.

TABLE 1.1 – Avantages et inconvénients des protocoles de routages

1.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur les réseaux mobiles sans fils. En suite, nous avons présenté, les réseaux mobiles ad hoc qui sont un type particulier des réseaux sans fil. Nous avons cité leurs domaines d'application ainsi que leurs caractéristiques, et nous avons fini par une description des protocoles de routage utilisés dans ce type de réseau.

2

*Le monitoring dans les réseaux mobile ad
hoc*

2.1 Introduction

Les réseaux mobiles sans fils ont connu un très fort développement ces dernières années pour répondre à la hausse constante des besoins en mobilité. Les réseaux mobiles ad hoc représentent une composante clé de cette évolution et leurs fondements seront inévitablement intégrés aux générations futures des réseaux sans fils, ils deviennent de plus en plus indispensable dans tout les domaines, mais ils présentent d'autre part, des contraintes supplémentaires liées à une topologie dynamique, une bande passante réduite, une durée de vie restreinte due aux limites énergétiques et encore une sécurité limitée. C'est la raison pour laquelle il est nécessaire de mettre en œuvre des mécanismes permettant de surveiller ces réseaux pour pouvoir maintenir une vue globale de fonctionnement.

Dans ce chapitre nous allons commencer par la présentation de la supervision dans les réseaux mobiles ad hoc, ensuite nous allons définir le monitoring ainsi que le processus de la supervision et ses buts, après nous allons citer les principales approches de monitoring et nous finirons ce chapitre par une étude comparative de ces dernières.

2.2 La supervision des réseaux mobiles ad hoc

La supervision des réseaux consiste à contrôler, coordonner et surveiller les différentes ressources mises en œuvre afin de fournir des services opérationnels aux utilisateurs [9]. Elle a pour objectif la gestion du nombre croissant d'équipements (stations, serveurs, etc.) et la possibilité d'effectuer les réparations nécessaires le plus rapidement possible [10].

2.3 La relation entre la supervision et le monitoring

Dans un réseau on trouve des stations de supervision qui sont des PC dotés des logiciels et applications de supervision qui nous permettent de voir l'état de tous les éléments du réseau par exemple : connecté/ non connecté, le taux de transfert, ... plus d'autres indicateurs et aussi il nous signale des anomalies genre des alarmes.

Le monitoring accomplit la tâche de la supervision car on a la main pour gérer et réagir en cas d'anomalies, par exemple activer ou désactiver la connexion, réagir par rapport aux alarmes donc on a un control totale de tout ce qui ce passe.

2.4 Monitoring des réseaux mobiles ad hoc

Le monitoring est une activité d'observation qui consiste à évaluer l'état opérationnel et fonctionnel d'un réseau. Elle permet de déterminer la topologie, l'usage des ressources ainsi que les performances du réseau en termes de disponibilité et plus généralement en termes de qualité de service [11].

2.4.1 Processus de la supervision

1. **La collecte des données** : C'est l'étape qui consiste à rassembler toutes les informations qui participent à la formation des performances du réseau, tel que l'adresse IP, la bande passante, le niveau d'énergie, et la capacité de stockage, les informations collectées par les équipements individuels permettent d'obtenir une vue de plus haut niveau et de produire de la connaissance sur l'environnement complet. Cette connaissance est ensuite utilisée par les équipements eux-mêmes pour réagir de manière intelligente aux changements [10].

Exemple :

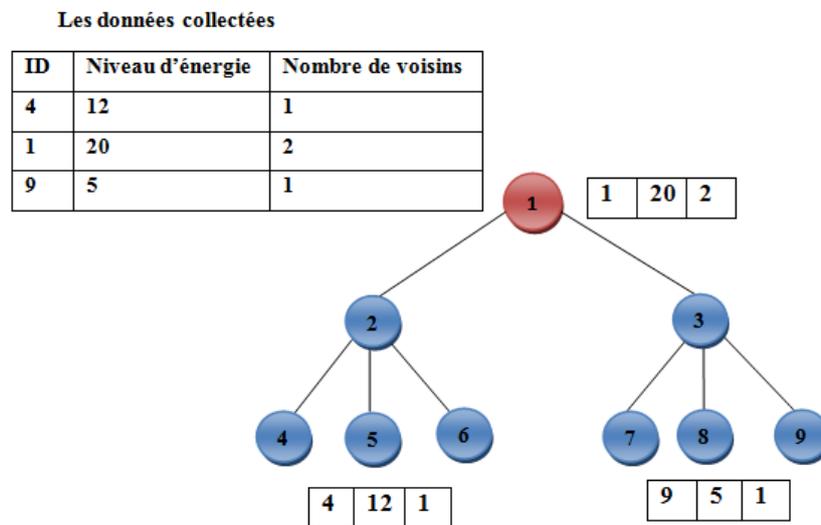


FIGURE 2.1 – Collection de données.

2. **L'analyse des données** : Elle consiste à comparer les données capturées à des intervalles du temps et à étudier le taux d'influence des valeurs de ces données sur le fonctionnement du réseau et ses performances [12].
3. **Déclenchement d'alertes** : Après l'analyse, et en cas de problème, des alertes seront lancées pour informer les membres du réseau et provoquer une correction [10].

Exemple :

Les données collectées

ID	Niveau d'énergie	Nombre de voisins
4	12	1
1	20	2
9	5	1

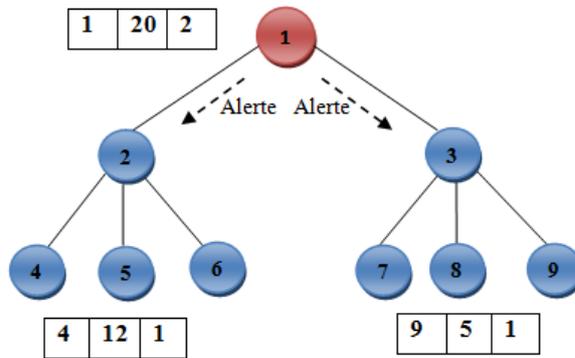


FIGURE 2.2 – Déclenchement d'alertes.

Dans cet exemple, on suppose que le niveau d'énergie doit être supérieur ou égal à 15, les nœuds 4 et 9 ont un niveau d'énergie inférieur à 15 donc l'unité mobile 1 lance une alerte.

4. **Le stockage des données :** Dans cette étape, on sauvegarde les données collectées et analysées, ainsi que les alertes et éventuellement les rapports des dysfonctionnements pour des usages de réaction dans le reste du processus de la supervision du réseau [13].

Exemple :

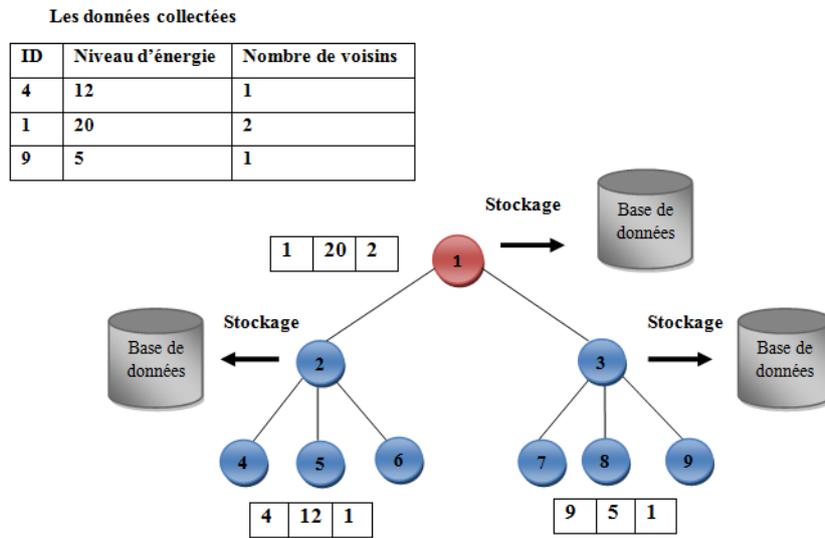


FIGURE 2.3 – Le stockage des données.

5. **Correction en fonction d'erreur** : C'est l'étape qui consiste à corriger les erreurs détectées lors de l'analyse afin de minimiser l'impact des fautes et des erreurs sur le fonctionnement du réseau. [10]

Exemple :

Les données collectées

ID	Niveau d'énergie	Nombre de voisins
E	18	1
1	20	2
H	21	1

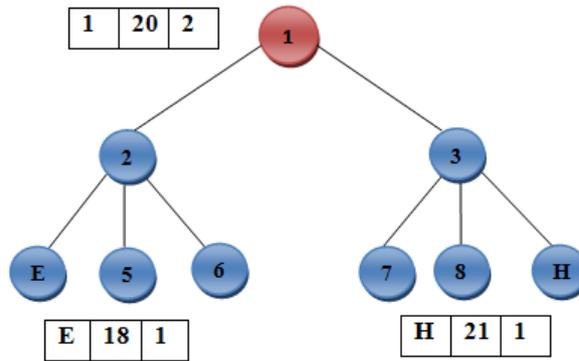


FIGURE 2.4 – Correction en fonction d'erreur.

Dans cet exemple, pour corriger l'alerte précédente on remplace les nœuds défaillants par des nœuds qui ont un niveau d'énergie supérieur ou égale à 15, ici on a remplacé le nœud 4 par le nœud E et le nœud 9 par le nœud H.

2.4.2 Les objectifs de la supervision

La classification de l'ISO (International Standard Organisation), qui se base sur l'aire fonctionnelle, permet de déterminer les principaux objectifs de la supervision des réseaux mobiles ad hoc. Elle définit cinq aires principales [11] :

- **Gestion des fautes** : Elle consiste à assurer le fonctionnement du système. Par exemple, la panne d'une station dans le réseau est un événement rare mais très important, dont le système doit tenir compte dans ses procédures de gestion des incidents et doit être en mesure de pouvoir prendre les décisions nécessaires, afin de corriger les anomalies qui affectent le fonctionnement des réseaux et de leurs services [9].
- **Gestion de la configuration** : Un système informatique a pour tâche l'installation, la mise en route des services réseaux et la maintenance de ces différents systèmes. Il assure aussi la configuration, la mise à niveau des équipements actifs de l'infrastructure du réseau et il se trouve en mesure de prévoir les différentes opérations de maintenance nécessaires [9].
- **Gestion de la comptabilité** : Elle consiste à réaliser des calculs de coûts en fonction des débits réseaux utilisés, de la charge des machines sur lesquelles tournent les applications, pour cela on doit disposer d'outils pour mesurer le trafic, calculer le taux de charge des applications et effectuer un suivi d'utilisation du réseau, par la suite, une évaluation sur

les usages des infrastructures et services sera effectuée [11].

- **Gestion de la performance** : Un système a comme responsabilité la mise en place, le suivi et l'évolution des moyens de communication. Compte tenu de l'augmentation régulière du trafic sur un réseau local, par exemple, envisager le changement de l'infrastructure réseau afin d'améliorer le débit offert aux utilisateurs [9].
- **Gestion de la sécurité** : Elle vise à assurer la sécurité des informations et la sécurité des accès, elle permet d'empêcher les activités qui peuvent avoir un impact sur l'intégrité des données échangées, et sur le bon usage des services délivrés par le réseau. Il s'agit donc d'avoir des procédures de mise en route de nouveaux services tout en préservant la sécurité et la fonctionnalité des services déjà existant [11].

2.4.3 Difficultés du monitoring des réseaux mobiles ad hoc

- La nature dynamique du réseau : les unités mobiles du réseau, se déplacent d'une façon libre et arbitraire. Par conséquent la topologie du réseau peut changer, à des instants imprévisibles, d'une manière rapide et aléatoire.
- Des nœuds non coopératifs ou malicieux qui refusent de fournir des informations, ou bien de les falsifier se qui induit à une réduction de la fiabilité de monitoring (perte d'informations).
- Le trafic généré durant le monitoring doit être optimisé pour ne pas surcharger le réseau.
- Le développement rapide des technologies sans fils qui doivent être prises en compte par les protocoles de gestion (tel que les nouveaux matériaux qui peuvent apparaître soudainement dans le réseau).
- L'augmentation rapide de la taille des réseaux chose à laquelle les protocoles de monitoring doivent être adaptatifs et capables de gérer.
- La difficulté d'avoir les données en temps réel à cause des mouvements aléatoires des nœuds.

2.4.4 Technique de monitoring

Pour un meilleur monitoring, les développeurs d'approches de monitoring ont suivi deux techniques selon le trafic analysé, qui sont :

1- Monitoring passif : Il consiste à observer le vrai trafic du réseau et le capturer pour évaluer ensuite un certain nombre de paramètres. Donc, le trafic capturé est constitué des messages échangés durant les communications et aucun autre type de message n'est ajouté au trafic du réseau [12].

2- Monitoring actif : Un monitoring actif repose sur l'injection de paquets spécifiques au sein du réseau mobile ad hoc, et sur l'observation de la manière avec laquelle ces paquets sont traités par les nœuds pour déterminer le niveau de service offert par le réseau [11].

2.5 Les modèles de gestion

Une infrastructure de gestion de réseaux s'appuie sur une modélisation multi-dimensionnelle. On considère classiquement quatre modèles correspondant à une abstraction et à des objectifs différents [11].

2.5.1 Le modèle de l'information

Le modèle de l'information définit un cadre formel commun pour la description des ressources gérées et la structuration de l'information de gestion. Il doit offrir un niveau d'abstraction suffisant pour offrir une vue homogène et extensible de l'ensemble des ressources indépendamment de la nature, de l'endroit et des méthodes d'accès de celles-ci [11].

2.5.2 Le modèle fonctionnel

Ce modèle permet de répartir les opérations de gestion par aire fonctionnelle qui a pour objectif la correction des anomalies, l'évaluation des performances, et la protection du fonctionnement des réseaux [11].

2.5.3 Le modèle de communication

Le modèle de communication spécifie le protocole d'échange des informations de gestion entre les différentes entités. Il s'agit notamment d'assurer les échanges au niveau applicatif entre le gestionnaire et l'agent afin de transmettre les opérations et permettre l'accès et la manipulation des données de gestion issues d'une base d'information [11].

2.5.4 Les modèles organisationnels

Ce modèle décrit le rôle et les relations de chacune des entités intervenant dans la tâche de monitoring. Ce modèle repose sur le concept gestionnaire/agent ou gestionnaire local/agent, tel que [11] :

- **Le gestionnaire :** C'est le nœud responsable de l'activité de monitoring, il émet des requêtes d'opérations à un ou plusieurs agents.

- **L'agent :** C'est le nœud responsable d'exécution des requêtes d'opérations, émet par le gestionnaire, pour lui envoyer des réponses.

- **Le gestionnaire local** : C'est un nœud intermédiaire, responsable de collecter les données de monitoring d'un sous ensemble de nœuds du réseau.

On distingue généralement quatre types d'organisation différents :

2.4.4.1 Le modèle centralisé

Dans ce modèle, un unique gestionnaire chargé de diriger la fonction de monitoring tel que la collection et l'analyse des données transmises par les autres nœuds. Ce modèle offre en effet une implantation facile en ne concédèrent qu'un seul point de contrôle. De plus cette organisation n'est pas robuste puisque l'ensemble de l'infrastructure s'écoule si le gestionnaire n'est plus opérationnel (voir la figure 2.5) [11].

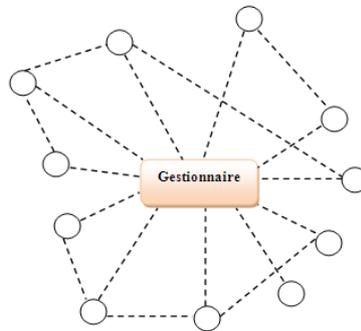


FIGURE 2.5 – Organisation centralisée.

2.4.4.2 Le modèle centralisé hiérarchique

Dans ce modèle, le réseau est constitué d'un ensemble de clusters tel que chaque cluster est contrôlé par un gestionnaire local qui dispose d'un certain niveau de responsabilité dans la tâche de gestion, par contre, le gestionnaire de réseau est le seul point central de contrôle puisqu'il a le degré le plus élevé de responsabilité.

Dans la tâche de monitoring, les agents collectent les informations et les envoient aux gestionnaires locaux, puis ces derniers les transmettront au gestionnaire central pour les analyser et les contrôler.(voir la figure 2.6) [11]

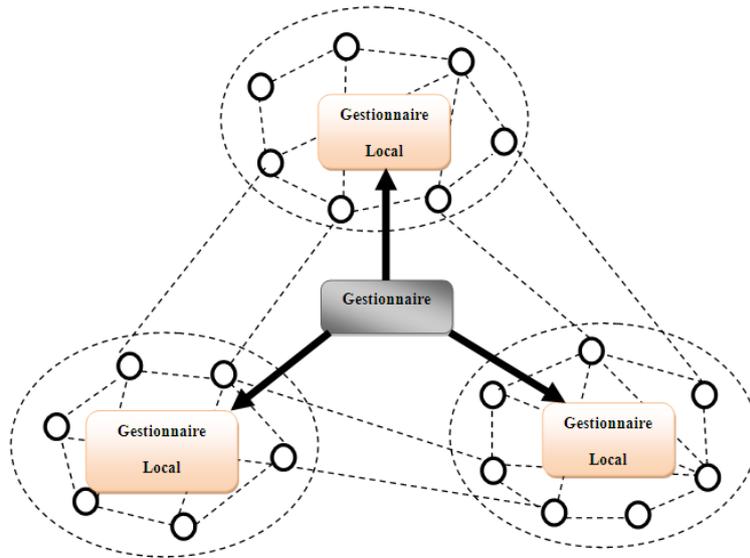


FIGURE 2.6 – Organisation centralisée hiérarchique.

2.4.4.3 Le modèle distribuée

La gestion est réalisée de façon distribuée par un ensemble de gestionnaires qui communiquent entre eux. Les gestionnaires disposent d'un même degré de responsabilité et sont chacun pleinement responsable de la gestion d'un sous-ensemble de nœuds. (voir la figure 2.7) [11]

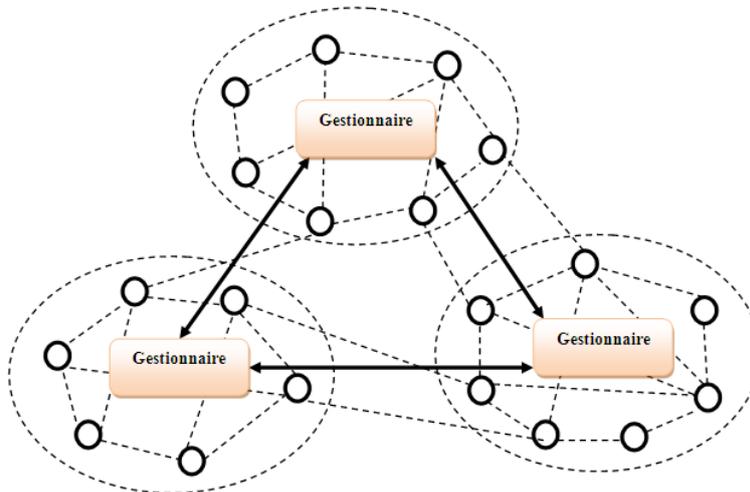


FIGURE 2.7 – Organisation distribuée.

2.4.4.4 Le modèle distribuée hiérarchique

Il s'agit d'une approche distribuée où chaque gestionnaire peut déléguer une partie des tâches de gestion à des gestionnaires locaux. Un gestionnaire n'a d'autorité que sur les gestionnaires locaux de son domaine, et peuvent passer ces données aux gestionnaires de niveau supérieur au besoin, à moins que des mécanismes de délégation soient mis en œuvre. (voir la figure 2.8) [11]

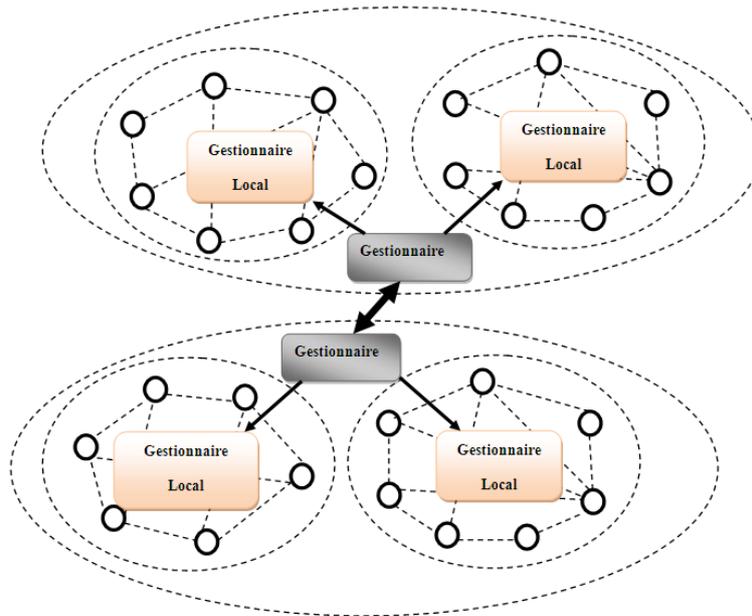


FIGURE 2.8 – Organisation distribuée hiérarchique.

2.6 Classification des approches de monitoring

Le monitoring, depuis qu'il a été introduit dans le domaine des réseaux, a suivi de différentes approches qui sont apparues l'une après l'autre corrigeant les faiblesses des précédentes et proposant à chaque fois des améliorations.

Plusieurs approches ont été définies pour le monitoring des réseaux mobiles ad hoc cité dans [11], dans ce qui suit, nous allons présenter les principales approches, et nous allons donner une amélioration d'une classification, basée sur le modèle organisationnel auquel elles appartiennent.

Cette classification est illustrée dans la figure 2.9 :

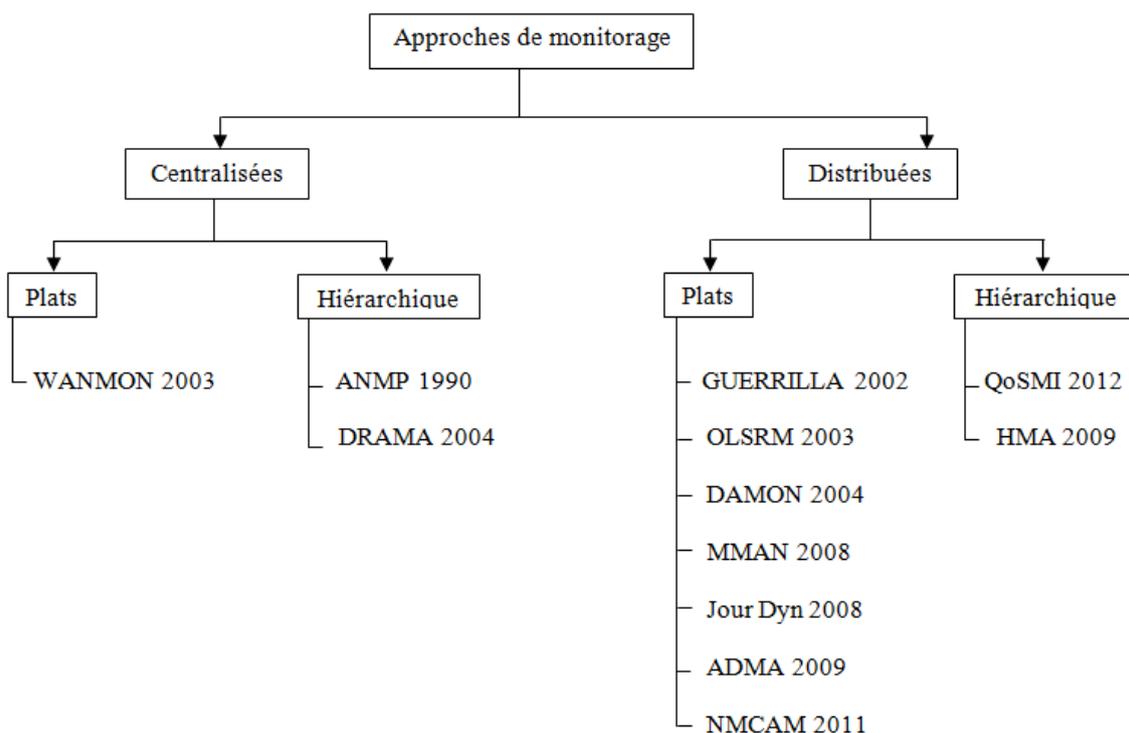


FIGURE 2.9 – Classification des approches de monitoring.

2.6.1 Approches de monitoring centralisées plats

Parmi les approches centralisées existantes, on peut citer :

1. WANMON (Wireless Ad hoc Network Monitoring Tool)

WANMON [14] est une approche dédiée au monitoring des réseaux mobiles ad hoc. Elle permet de collecter des informations sur l'utilisation des ressources, tels que l'utilisation du réseau (données qui sont envoyées, reçues est conduites par un noeud), la consommation d'énergie, l'occupation mémoire et la charge CPU (Central Processing Unit).

L'architecture de WANMON est composée des modules de comptabilités de système, modules de traitement et modules d'affichage. Les modules de comptabilités de système sont chargés de collecter les données brutes concernant l'utilisation des ressources. Ces données seront envoyées par la suite aux modules de traitements de données, ces derniers tentent de les analyser de façon à en tirer que les données utiles. Les modules d'interfaces utilisateurs obtiennent les données utiles déjà traitées et les affiche aux utilisateurs du réseau via une interface graphique GUI (Graphical User Interface). Cet affichage peut être sous forme textuelle et/ou graphique.

2.6.2 Approches de monitoring centralisées hiérarchiques

Parmi les approches existantes, on peut citer :

1. ANMP (Ad hoc Network Management Protocol)

ANMP [15] est basée sur une architecture centralisée hiérarchiques pour le monitoring des réseaux mobiles ad hoc fondée sur l'utilisation de gestionnaires, des gestionnaires locaux et d'agents, elle consiste en :

– Organisation du réseau :

Le réseau est organisé en clusters en utilisant deux algorithmes de clustérisations :

. **Minimum ID (LID)** : Le nœud avec le plus petit identifiant devient le cluster head (le gestionnaire local), les nœuds voisins deviennent (agents).

. **Connectivité maximale (HCA)** : Le nœud avec une connectivité maximale devient le cluster head (le gestionnaire local), ces voisins deviennent membre (agents).

Chaque cluster est administré par un nœud central (gestionnaire) les autres nœuds du réseau représentent les agents.

– Monitoring :

Les agents du réseau sont responsables de la tâche de collecte des données. Chaque agent rassemble un ensemble d'informations telles que la qualité de lien, la localisation et la quantité d'énergie restante. Ces données seront sauvegardées par ces agents dans des MIB (Management Information Base) avant de les envoyer au gestionnaire local. Ce dernier rassemble toutes les informations qui lui sont destinées et les envoie au gestionnaire central correspondant qui les analyse et les stocke dans sa base appelée AnmpMIB.

L'architecture d'ANMP est illustrée dans la figure 2.10 [15] :

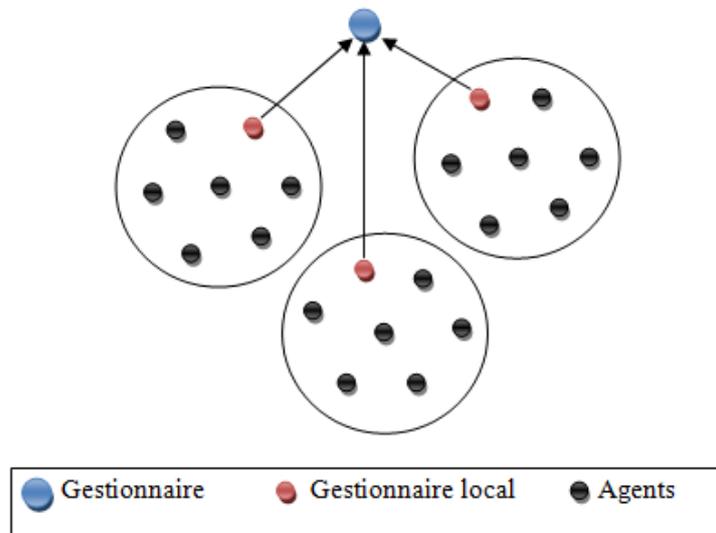


FIGURE 2.10 – Architecture d’ANMP.

2. DRAMA (Dynamic Readdressing And Management for the Army)

Elle consiste en :

– Organisation du réseau :

Dans cette approche une collection d’agents gère tous les nœuds dans le réseau.

Au plus haut niveau, l’agent de la politique global, ou GPA (Global Policy Agent), gère plusieurs agents de politiques de domaine, ou DPA (Domain Policy Agent), ces derniers gèrent plusieurs agents de politiques locaux, ou LPA (Local Policy Agent), LPA effectuer la configuration locale de la politique contrôlée, la surveillance, le filtrage, l’agrégation réduisant ainsi la gestion de la bande passante.

– Le monitoring :

Cette architecture est basée sur des politiques qui sont diffusés à partir de GPA à DPA à LPA, ou de DPA à LPA. Les agents de politiques réagissent aux modifications du réseau sur les différents niveaux (au niveau global, au niveau local, l’ensemble du domaine) en reconfigurant automatiquement le réseau en fonction des besoins pour faire face aux pannes et problèmes de performance [12].

Une politique et un ensemble de règles que doit suivre chaque agent pour augmenter les performances du réseau, par exemple :

Les politiques de gestion : Il consiste à réaffecter un serveur de configuration dans le cas de pannes. Chaque agent évalue l’état de fonctionnement du serveur. Si le temps de réponse du serveur courant dépasse une période du temps donnée, un nouveau serveur est sélectionné par le GPA.

L'architecture DRAMA est illustrée dans la figure 2.11 [12] :

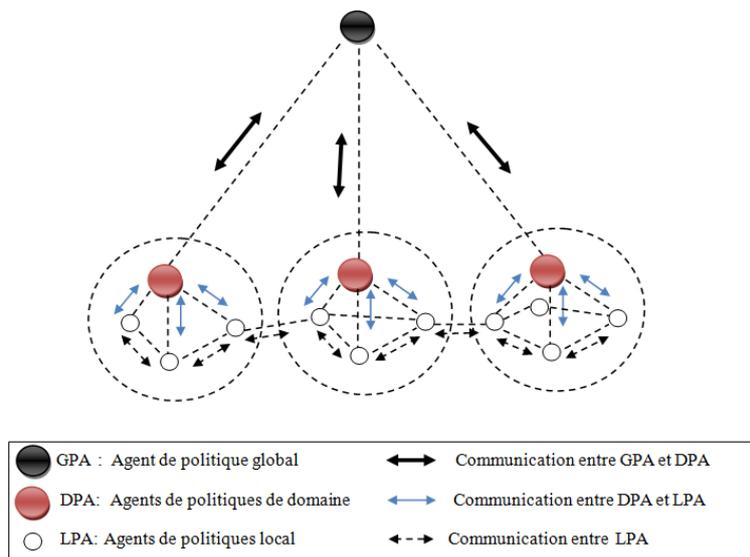


FIGURE 2.11 – Architecture DRAMA.

2.6.3 Approches de monitoring distribuées plats

Parmi les principales approches existantes, on peut citer :

1. GUERRILLA

GUERRILLA [19] est une approche distribuée pour le monitoring des réseaux mobiles ad hoc fondée sur le mécanisme de clustering. Elle est décomposée en :

1. **Un gestionnaire nomade** : Représente le nœud qui a la plus grande capacité (CPU et énergie).
2. **Des nœuds sonde** : Représente les nœuds qui ont une capacité (CPU et énergie) suffisante.
3. **Des agents** : Représente les nœuds qui ont une capacité (CPU et énergie) minimale

Le gestionnaire nomade peut décider d'envoyer une sonde active (un script spécifiant les opérations de monitoring à réaliser), qui traverse un ensemble de nœuds (nœud sonde). La sonde active permet à ces derniers de collecter les données de gestion qui seront envoyées au gestionnaire nomade correspondant.

Basé sur les données collectées par les sondes actives, chaque gestionnaire nomade doit construire une vue du secteur de réseau contrôlé. Une fois que celle-ci est établie, le gestionnaire évaluera l'état actuel de son secteur.

Les informations collectées ainsi que les résultats d'analyse seront enregistrés dans une base de données globale nommée GMIB (Guerrilla Management Information Base) au niveau de

chaque manager nomade.

3. OLSRM (Optimized Link State Routing Protocol Monitoring)

Des nouveaux champs sont introduit dans le message HELLO (la date de création du message, les informations sur la consommation de la batterie (type de charge, le pourcentage restant de l'énergie et le temps restant avant l'expiration de la batterie) et des informations sur la qualité du signal). Un nœud qui reçoit un message HELLO va enregistrer les paramètres dans la table des voisins et la table des MPR.

Quand un nœud envoie un message de TC (Topology Control), il introduit également de nouveaux champs pour propager les informations sur les nœuds qui choisissent ce nœud comme MPR (MPR sélecteur), comme la consommation de la batterie et de la qualité du signal pour chaque sélecteur MPR. Ces paramètres seront enregistrés dans la table de topologie pour chaque destination [16].

4. DAMON (Distributed Architecture for Monitoring Multi hop Mobile Network)

DAMON [17] utilise des agents au sein du réseau pour surveiller, et collecter les informations de monitoring pour les envoyer aux centres de dépôts ou elles seront stockées. Dans la disparition d'un centre de dépôt (à cause de la mobilité), l'agent choisi un autre centre de dépôt et lui envoie les données collectées.

L'agent effectue la collecte de deux types de données telles que les données dépendantes de temps embarquées dans TDDs (Time Dependent Digests) et données indépendantes de temps embarquées dans TIDs (Time Independent Digests). Les TDDs et les TIDs sont livrés au centre de dépôt, à l'aide de protocole de routage AODV, ou ils seront stockés.

L'architecture DAMON est illustrée dans la figure 2.12 [11] :

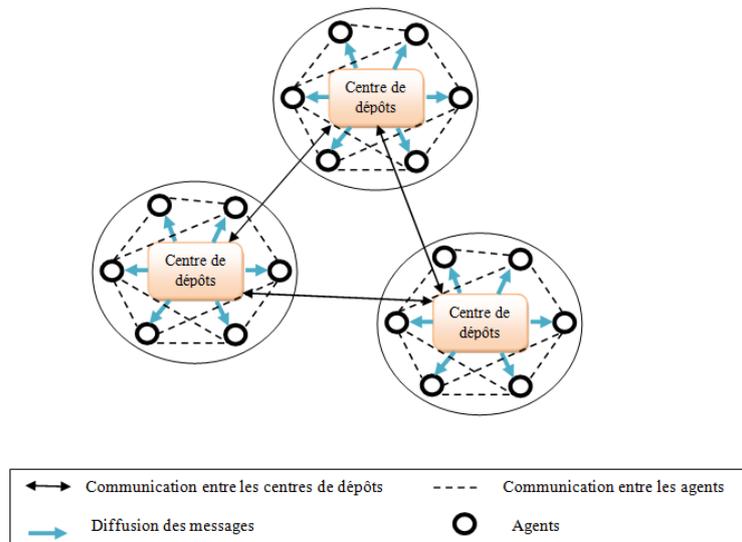


FIGURE 2.12 – Architecture DAMON.

5. MMAN (Monitor for Mobile Ad hoc Network)

MMAN [18] est une approche de monitoring des réseaux mobiles ad hoc, qui se base sur l'utilisation des nœuds de surveillance (MU) ayant une capacité suffisante pour maintenir une vue de la topologie du réseau. L'un de ces nœuds peut jouer le rôle d'un nœud de gestion.

MMAN comporte trois composants indépendants :

- Un composant de capture : il est déployé sur les MUs à travers le réseau, il permet d'effectuer une observation et une analyse du trafic circulant dans le réseau, et rangés les résultats obtenues dans des fichiers d'informations (Info Files).
- Un composant de la livraison de dossier : Il fonctionne sur tout les MUs, ainsi il permet de communiquer les fichiers d'informations au composant d'analyse.
- Un composant d'analyse et GUI (Graphical User Interface) : Il permet d'analyser le contenu des fichiers d'informations, les agrégées, et produire des résultats finals.

Les MUs collaborent à la production des vues partielles du réseau en écoutant le trafic et en recueillant les informations nécessaires (l'image de topologie de réseau, le changement des liens, etc). Ces informations seront ensuite envoyées à un nœud de gestion, ou elles seront analysées et agrégées afin d'obtenir une vue globale du réseau. Cette vue sera, par la suite, présentée sur une interface utilisateur graphique.

L'architecture MMAN est illustrée dans la figure 2.13 [18] :

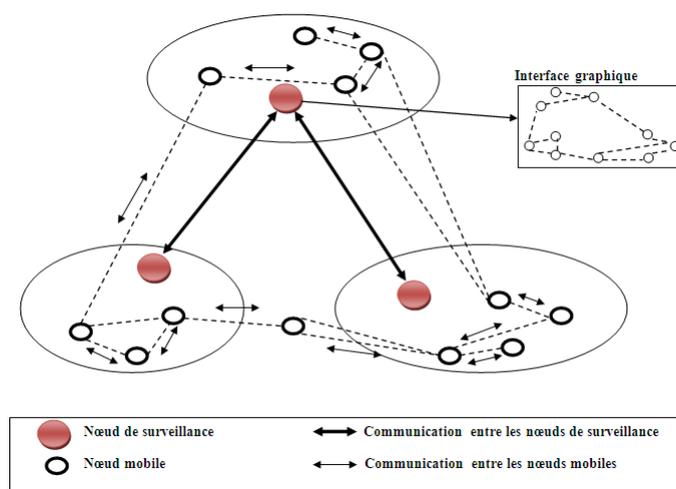


FIGURE 2.13 – Architecture de MMAN.

6. Monitoring et journalisation dynamique des topologies

Cette approche permet d’observer la topologie et de journaliser l’évolution de celle-ci sur une période de temps donnée. Elle s’appuie sur l’architecture pair à pair structurée pour la collecte des données et l’utilisation des tables de hachages distribuées.

Les nœuds mobiles participants rassemblent les informations de voisinage pendant de courts intervalles de temps nommés "slots" et créent un enregistrement topologique. Ce dernier est stocké dans la DHT "table de hachage distribuée" recouvrant l’ensemble des nœuds contrôlés [20].

– Le monitoring :

Pendant la durée du slot de temps, chaque agent intercepte les messages, contenant les identifiants des nœuds et les analyse. S’il trouve que leur nombre est au-dessous d’un seuil prédéfini, il ajoute les adresses MAC à la liste de voisinage si elles ne sont pas déjà enregistrées.

– Stockage des données :

À la fin de slot de temps, chaque agent crée l’enregistrement topologique, en datant la liste des voisins obtenue avec le slot de temps.

7. ADMA (Autonomous decentralized Management Architecture for MANETs)

ADMA [20] est une architecture de gestion distribuée. L’objectif principal de l’ADMA est d’introduire un degré d’autonomie au processus de gestion de réseau et principalement la propriété d’auto-configuration.

La structure de nœud d'ADMA se compose de quatre éléments de base :

LPDP (Local Policy Decision Point), PEP (Policy Enforcement Point), le moniteur et le référentiel de la politique locale.

Le LPDP analyse des données de surveillance rapportées par le moniteur, et envisage des décisions locales grâce à des politiques prédéfinies. Il organise la gestion des ressources, la configuration de nœud et de reconfiguration. Il est également responsable de l'interaction avec d'autres LPDPs afin de diffuser les politiques de ceux non-configurés et pour éviter des décisions contradictoires. Le LPDP dans l'architecture de l'ADMA ne se réfère pas à une entité faisant plus de décision centrale. Il agit comme une autorité finale pour la décision qui doit être appliquée par le PEP.

Le PEP est l'entité locale chargée de faire respecter les politiques et les décisions de LPDP. Il agit comme effecteur finale sur les ressources de nœud et de l'état de configuration. Le PEP est reconfiguré par le LPDP comme un effet secondaire d'événements observés par le moniteur.

Le moniteur recueille des renseignements de surveillance locale et externe et il les rend au LPDP selon le suivi des politiques. Il interagit avec des capteurs et des moniteurs externes afin d'accomplir sa tâche.

Le référentiel de la politique locale est une base de données locale où les politiques prédéfinies sont stockées. Les politiques prédéfinies incluent la configuration, la reconfiguration, et la surveillance. Ces politiques seront diffusés saut par saut à tous les nœuds du réseau. Basé sur des données de surveillance recueillies et politiques de reconfiguration prédéfinis, chaque nœud est en mesure de reconfigurer et d'adapter son comportement en modifiant les politiques appliquées sans arrêter le fonctionnement du système.

L'architecture ADMA est illustrée dans la figure 2.14 [20] :

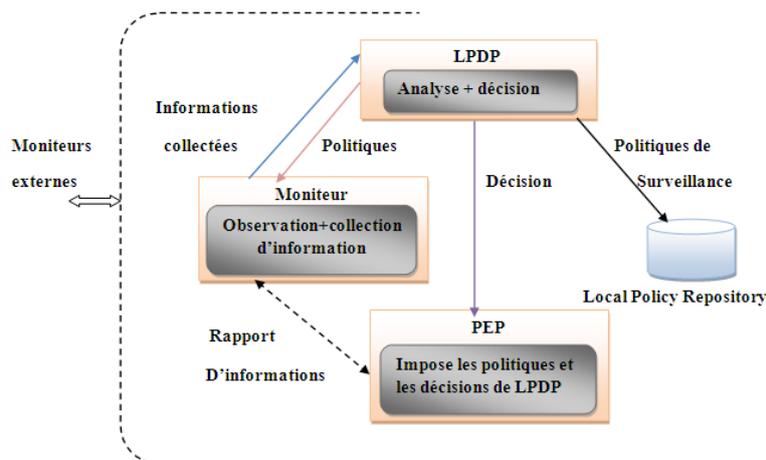


FIGURE 2.14 – Architecture d'ADMA.

8. NMCAM (Neighborhood Monitoring Based Collaborative Alert Mechanism)

NMCAM [22] est une approche de monitoring qui se base sur le mécanisme de réputation pour la détection des nœuds malveillants dans le voisinage et cela en se servant de protocole de routage DSR. Cette approche repose sur trois composants essentiels qui sont :

- **Le moniteur** : C'est un nœud responsable de l'écoute de trafic et l'enregistrement des paquets envoyés.
- **Le système de réputation** : Il est employé pour maintenir la valeur de confiance pour les nœuds voisins.
- **Le directeur de chemin** : Il est responsable d'apprendre des nouveaux chemins ne contenant pas des nœuds malveillants.

A chaque fois qu'un nœud réussit à acheminer un paquet vers la bonne destination, le moniteur enregistre un évènement positif à la faveur de ce nœud. Dans le cas contraire, un évènement négatif est enregistré. Ces évènements seront envoyés par la suite au directeur de confiance qui, en fonction de ces derniers, attribue les valeurs de confiance aux nœuds en incrémentant cette valeur dans le cas positif et en la décrémentant dans le cas négatif.

2.6.4 Approches de monitoring distribuées hiérarchiques

1. QoSMI (Quality of Service Monitoring Infrastructure)

Est une architecture pour le monitoring de la qualité de service (QoS) dans les réseaux mobiles ad hoc. Elle comprend deux étapes qui sont :

- La construction des nœuds VBB-QoS (Virtual Backbone-QoS) : Cette étape consiste à rassembler les nœuds indépendants qui se caractérisent par leur stabilité dans un

ensemble nommé MIS (Maximal Independent Set), formant ainsi un domaine comportant des nœuds dominants (MIS) et des nœuds dominés (les autres nœuds qui n'appartiennent pas à la MIS). Les nœuds de MIS doivent être reliés entre eux (se connecter) pour construire les CDS (Connected Dominating Set) ou VBB.

- L'analyse de QoS et la surveillance de la QoS : Après avoir créé le VBB, chaque nœud dominé devrait mesurer les paramètres de QoS (retard, perte des paquets) dans son domaine, puis transmet ces mesures à son nœud dominant en utilisant un message unicast. Les paramètres collectés par les nœuds dominés seront déployés comme entrées au système de logique floue, qui procède à l'analyse en se servant d'un ensemble de règles, pour produire finalement les résultats sous forme d'une variable linguistique (pauvre, moyen, bon) [21].

2. HMA (Hierarchy Model for Ad hoc Network Monitoring Based on Clustering)

HMA [24] est une approche basée sur un nouveau mécanisme de clustering considérant le degré d'un nœud mobile, le niveau d'énergie, la mobilité et la capacité de transmission pour sélectionner les gestionnaires. Elle consiste en :

- Chaque nœud calcule ses métriques en utilisant la formule suivante :

$$W = w_1 * DV + w_2 * PV + w_3 * EV + w_4 * MV.$$

Ou :

w_1, w_2, w_3, w_4 , sont des facteurs de poids correspondant aux paramètres :

DV : le degré, PV : puissance de transmission, MV : mobilité, EV : énergie.

- Le nœud ayant une valeur de métrique minimum devient le gestionnaire.
- Le nombre de nœuds dans chaque cluster doit être compris entre une limite supérieure U et une borne inférieure L.
- Lorsque le nombre de membre du cluster est inférieur à la limite inférieure L, ce cluster doit essayer de se fusionner avec un cluster voisin.
- Lorsque le nombre de membre de cluster est plus que la limite supérieure U, ce cluster doit être scindé en deux clusters.

2.6.5 Etude comparative

Dans cette section, nous allons faire une comparaison entre les différentes approches citées précédemment en se basant sur les critères suivants :

- **La distribution de la charge de traitement** : Une approche de monitoring efficace doit garantir une bonne distribution de la charge de traitement sur plusieurs nœuds du réseau.
- **La distribution de la charge de stockage** : Une approche de monitoring efficace doit garantir des mécanismes de réplication permettant la disponibilité des informations relatives au réseau pour tous les nœuds.
- **La robustesse** : Une approche de monitoring doit éliminer la possibilité de faire face à une situation où un seul point réalise la tâche de collecte et d'analyse des données.
- **La confidentialité** : Une Bonne approche doit assurer la confidentialité des données et qu'elles ne sont utilisés que par les personnes autorisé.
- **Méthode de stockage** : Après la collecte des données, ces dernière seront stockées pour pouvoir les analysées, les méthodes de stockage diffère d'une approches à une autre.
- **Techniques de monitoring** : Chaque approche utilise des techniques de monitoring, que se soit actif ou passif.

Archi centr	Archi dest	Dis trait	Dis Stoc	Robus	Confi	Tech moni	Méth stoc
WANNOM						Passif	Sur chaque nœud
ANMP					✓	Actif	Sur chaque nœuds
DRAMA		✓	✓		✓	Actif	Sur chaque nœuds
	GUIRRILLA	✓	✓	✓		Actif	La base globale GMIB
	OLSRM		✓	✓	✓	Actif	La table de topologie
	DAMON	✓		✓		Actif	Centre de dépôts
	MMAN	✓	✓	✓	✓	Actif	Le manager
	J.Dynam	✓	✓	✓	✓	Actif	La table de hachage distribué
	ADMA	✓	✓	✓		Passif	La base de données locale
	QoSMI	✓	✓	✓		Passif	Noeud dominant
	HMA	✓	✓	✓		Passif	Sur chaque nœuds
	NMCAM	✓		✓		Passif	directeur de confiance

TABLE 2.1 – Etude comparative.

Le tableau ci-dessus montre une comparaison entre les différentes approches de monitoring citées en se basant sur les critères fournis.

D'après le tableau, on remarque que les approches de monitoring centralisées ne sont pas robustes à cause de la centralisation exclusive des opérations de gestion. Cependant, les approches distribuées sont robustes en raison de l'absence d'un nœud central de traitement et permettent une distribution de stockage et de traitement.

On remarque aussi que, la méthode de stockage se diffère d'une approche à une autre : Certaines approches utilisent des bases de données centrales, et d'autre stocke ses données au niveau de chaque nœud du réseau.

Et pour la technique de monitoring, les approches WANMON, ADMA, QoSMI, HMA, NMCAM utilisent la technique de monitoring passif. Tandis que les autres approches utilisent le monitoring actif

Les deux approches, ANMP et Journalisation dynamique assurent un certain niveau de sécurité,

Ces critères qu'on a utilisés pour faire la comparaison entre les différentes approches de monitoring ne nécessitent pas une simulation, mais il existe d'autres critères qui nécessitent une simulation pour arriver à faire une bonne comparaison comme le trafic de monitoring, la consommation d'énergie, la consommation de la bande passante.

2.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini la supervision des réseaux mobile ad hoc, ainsi que ses buts, ensuite on a défini le monitoring dans les réseaux mobile ad hoc, après on a cités les différentes approches de monitoring et nous avons terminés ce chapitre par une étude comparative des approches déjà citées.

3

Simulation et évaluation des performances

3.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous sommes arrivés à faire une étude comparative entre les approches de monitoring selon quelques critères. Cependant, il existe d'autres critères comme l'énergie, qui nécessite une simulation.

Donc nous allons consacrer ce chapitre pour simuler quelques approches pour arriver à faire une analyse critique de ces dernières.

En premier lieu, nous allons présenter l'environnement de simulation utilisé, puis nous allons citer les approches choisies, nous terminerons ce chapitre par une étude comparative qui résume les résultats de simulation.

3.2 Evaluation des performances

L'évaluation des performances des approches de monitoring est nécessaire pour fournir des réponses aux questions de coût, sécurité, énergie surgissant durant la vie d'un système.

Il existe plusieurs méthodes pour l'évaluation des performances :

1. Méthode analytique : elle consiste à réduire le système en un modèle mathématique et à l'analyser numériquement. Quelques approches :
 - Approches probabilistes : C'est des approches qui suivent une loi de probabilité (Chaîne de Markov (CM), file d'attente (FA), les automates, les réseaux de Petri, . . . etc.)
 - Approches déterministes : Elles se basent sur des événements déterminés.
2. Simulations : Il s'agit d'implémenter un modèle simplifié de système à l'aide d'un programme de simulation adéquate. Le modèle de simulation est conduit au mieux par :
 - La génération des données d'entrée pseudo aléatoire, on parle alors de la simulation probabiliste.
 - L'introduction des données d'entrées, on parle alors de la simulation déterministe.

3.3 Les critères d'évaluation

Les critères qu'on a choisis pour l'évaluation des performances des approches de monitoring sont les suivants :

- L'énergie moyenne consommée pour construire la topologie.
- L'énergie moyenne consommée pendant la collecte des données.
- Nombre de messages échangés pour la collecte des données.

3.4 Le choix de l'environnement de simulation

Au début de notre étude on s'est basé sur le simulateur NS2 en vue de sa popularité dans le domaine de la recherche scientifique, mais à cause de nombreux problèmes qu'on a rencontrés

lors de l'implémentation ainsi que la difficulté de simulation des approches choisies, on est allé vers un autre choix MATLAB.

Matlab est un logiciel de calcul numérique produit par MathWorks. Il est disponible sur plusieurs plateformes. Matlab est un langage simple et très efficace, optimisé pour le traitement des matrices, pour le calcul numérique, matlab est beaucoup plus concis que les "vieux" langages (C, Pascal, Fortran, Basic). MATLAB est un environnement puissant, et facile à utiliser, destiné au calcul scientifique, il contient également une interface graphique puissante, ainsi qu'une grande variété d'algorithmes scientifiques [23].

3.5 Dérroulement d'une simulation

Les étapes de la simulation sont les suivantes :

Premièrement, il faut définir le problème, comprendre et avoir une vue de l'ensemble du problème (conception). Ensuite, effectués les simulations, suivie d'une analyse des résultats, si la solution répond aux attentes de la partie conception. Si les résultats ne sont pas corrects, il faut revoir soit les paramètres de simulation, soit la conception. Après s'être assuré que la simulation est correcte, il s'agit de prendre les décisions par rapport aux requêtes de départ

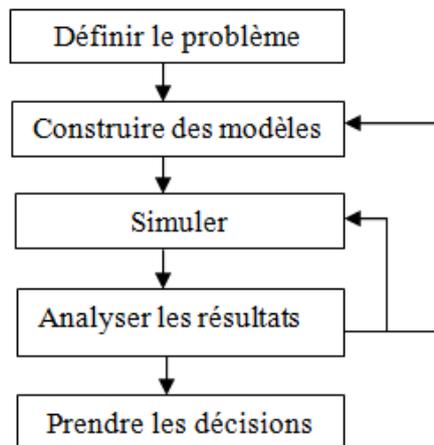


FIGURE 3.1 – Les étapes de simulation.

3.5.1 Les approches choisies pour la simulation

Les approches choisies pour la simulation sont les suivantes :

- **Une approche basée sur la clustérisation** : (HMA (Hierachy Model for Ad hoc Network Monitoring Based on Clustering)).

- **Deux approches basées sur le routage** : (OLSRM(Optimized Link State Routing Protocol Monitoring), NMCAM (Neighborhood Monitoring Based Collaborative Alert Mecha-

nism)).

3.5.2 Les paramètres de simulation

Le réseau sur lequel les simulations qui on été effectuées contient les paramètres suivants :

Paramètres	Type
Taille du réseau	Entier
Nombre de nœuds	Entier
La portée	Entier
L'énergie	Entier

TABLE 3.1 – Paramètres de simulation.

Ces paramètres sont illustrés dans la fenêtre principale de notre interface, qui contienne aussi les approches de monitoring choisi :

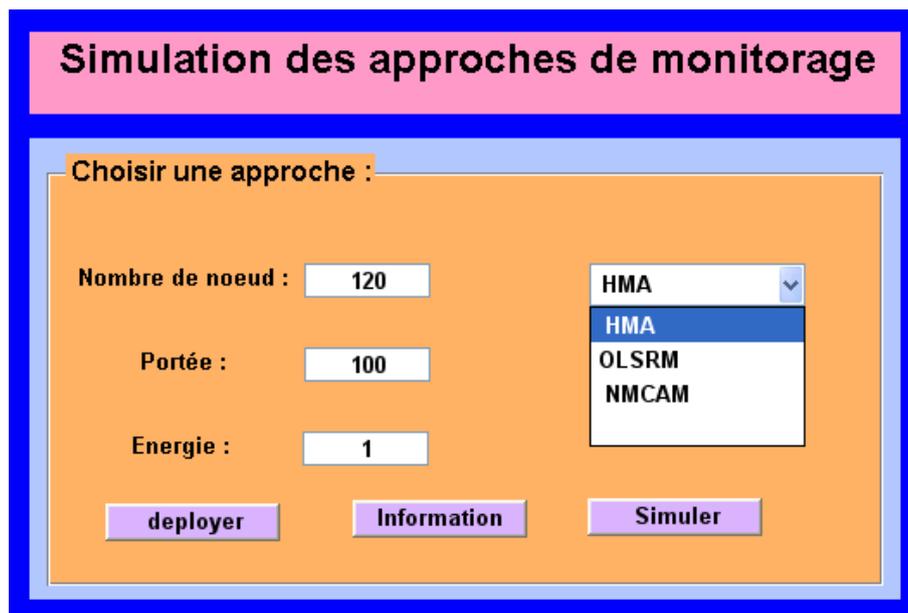


FIGURE 3.2 – La fenêtre principale.

3.5.3 Approche basé sur la clustérisation

1. L'approche HMA (Hierachy Model for Ad hoc Network Monitoring Based on Clustering)

A- Les étapes de réalisation de simulation

- Initialisation des variables de simulation.
- Déploiement des nœuds dans le réseau (cette étape est la même pour tous les approches, c'est à dire qu'elles ont le même déploiement).
- Formation des clusters.

(a) **Initialisation des variables de simulation :**

Cette étape contient la déclaration des variables globales, ainsi que la création des nœuds sous forme d'une structure qui comporte (identité du nœud, ses coordonnées, son état, son nombre de voisins, etc.).

Paramètres	Abréviation	Type
Identité du nœud	ID	Entier
Etat du nœud	etat	Chaine de caractères ('Agent'/'Gestionnaire')
Nombre de voisins	voic	Entier positif
Les coordonnées du nœud	x,y	Réel
Le poid	W	Réel
La table des voisins	tabV	Tableau d'entier
Identité de son cluster head	idsonclu	Entier
L'énergie	E	Entier
La vitesse	MV	Entier
La puissance de traitement	PV	Réel

TABLE 3.2 – Structure d'un nœud dans l'approche HMA.

(b) **Déploiement du réseau :**

A partir de la fenêtre principal, on choisi comme première approche HMA, puis on déploie le réseau tel que les nœuds constituant notre réseau sont déployés d'une manière aléatoire sur une surface de $(1000*1000)$ m².

La figure suivante nous montre le résultat de déploiement :

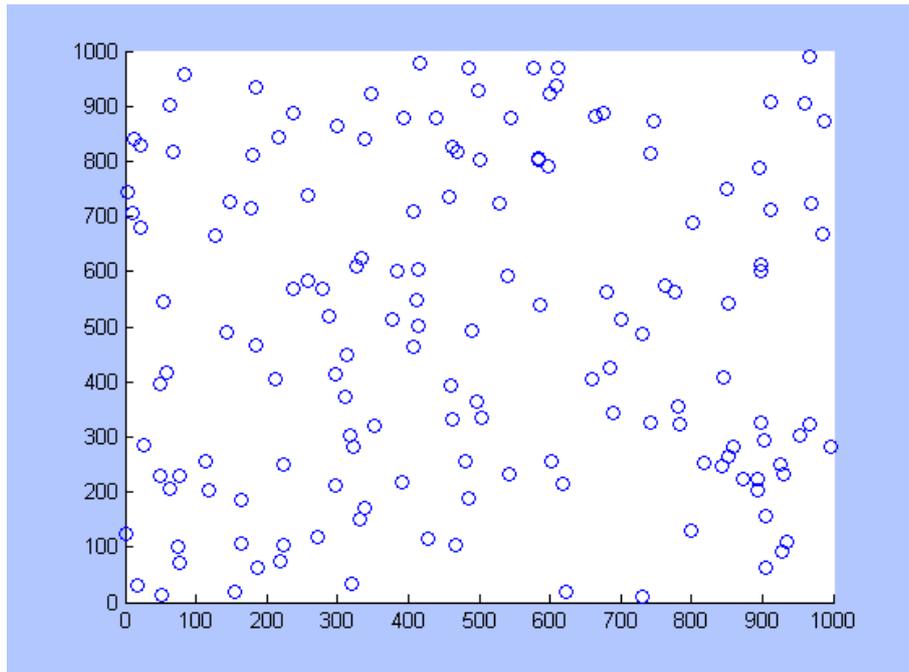


FIGURE 3.3 – Déploiement du réseau.

(c) **Formation des clusters :**

Dans cette étape, nous construisons les clusters qui constituent notre réseau, ainsi nous sélectionnons les clusters head pour chaque cluster.

L'élection de ces cluster head est basé sur le calcul des poids de métrique cité dans le deuxième chapitre, Le nœud ayant un poids minimal devient le cluster head comme le montre la figure suivante :

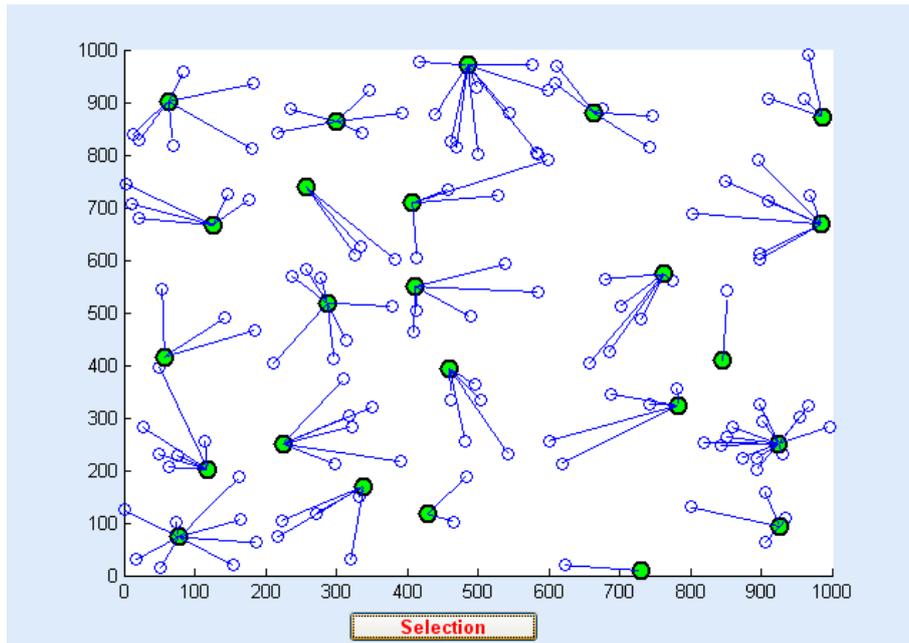


FIGURE 3.4 – Formation des clusters et sélection des clusters head.

Dans cette figure, les nœuds verts indiquent les clusters head sélectionnés dans chaque cluster, tandis que les nœuds bleus indiquent les voisins de chaque cluster head. Chaque nœud est relié à son cluster head.

On peut obtenir des informations sur les nœuds (leurs coordonnées, leurs état), ou sur les clusters (identifiant de cluster head et les nœuds constituant ce cluster) comme le montre la figure suivante :

Informations sur les nœuds

Identifiant du nœud :

La coordonné X :

La coordonné Y :

Etat du nœud :

Information sur les cluster

ID de Cluster Head:

ID de Gestionnaire:

Les nœuds de cluster:

ID	Pos(X)	Pos(Y)
25	100.5093	303.559
50	162.2935	348.993
51	132.7507	368.41
52	109.6698	370.759
85	192.3315	309.943
88	38.50379	214.826

FIGURE 3.5 – Informations sur les nœuds.

3.5.4 Les approches basées sur le routage

1- Simulation de l'approche OLSRM (Optimized Link State Routing Protocol Monitoring)

A- Les étapes de réalisation de simulation

- Initialisation des variables de simulation.
- Déploiement des nœuds dans le réseau.
- Sélection des nœuds MPR.

1. Initialisation des variables de simulation.

Cette phase est exécutée automatiquement au début du programme de simulation, elle inclut la déclaration des variables globales (nombre de nœuds, zone de déploiement simulée, nombre d'événements, etc.),

Paramètres	Abréviation	Type
Identité du nœud	ID	Entier
Etat du nœud	etat	Chaine de caractères ('M-PR'/'Nœud normal')
Nombre de voisins	nbrv	Entier
Les coordonnées du nœud	x,y	Réel
Le nombre des MPRs	MPR	Entier
La table des voisins	tabV	Tableau d'entier
L'énergie	EO	Entier

TABLE 3.3 – Structure d'un nœud dans l'approche OLSRM.

2. Déploiement des nœuds dans le réseau

Cette approche a le même déploiement que l'approche HMA, tel que Les nœuds sont déployés d'une manière aléatoire sur une surface de (1000*1000) m².

Le résultat de déploiement est illustrer dans la figure suivante :

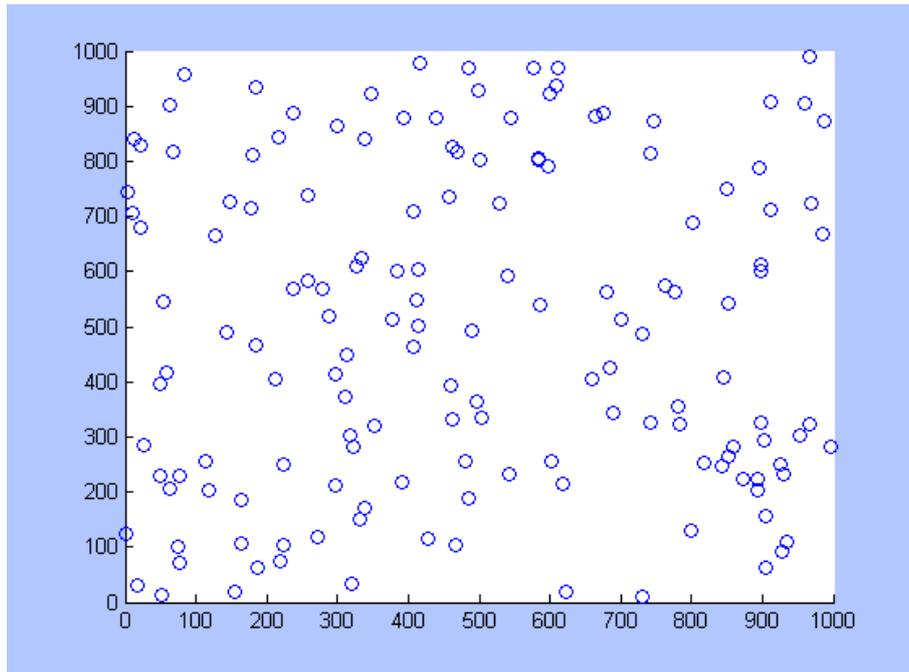


FIGURE 3.6 – Déploiement du réseau.

3. Sélection des nœuds MPR

Dans cette phase la sélection des nœuds MPR est faite en choisissant les seuls nœuds ayant un lien avec un des voisins du second niveau, selon l'algorithme de sélection des MPR (voir annexe) :

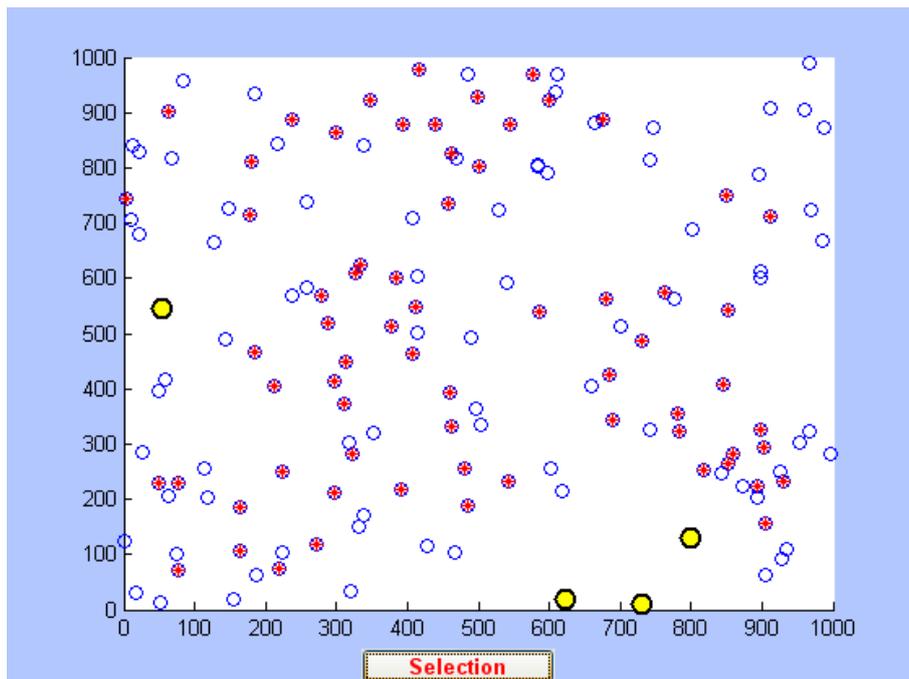


FIGURE 3.7 – Sélection des MPR.

Dans cette figure les nœuds rouge indiquent les nœuds MPR, les nœuds jaune indique les nœuds isolés, tandis que les nœuds bleus indiquent les autres nœuds.

On peut obtenir des informations sur les nœuds tel que les coordonnées(x, y), la table des voisins et leurs position x et y, ainsi que des informations sur la table des MPR et leurs coordonnées (x, y), comme la montre la figure suivante :

Informations sur les noeuds

Identifiant du noeud :

La coordonné X : La coordonné Y :

Table des Voisins :

ID	POS(X)	POS(Y)
1	905.7919	814.7237
12	933.9932	849.1293
33	959.2914	890.9033
63	868.6947	817.3032

Table des MPRs :

ID	POS(X)	POS(Y)
33	959.2914	890.9033
63	868.6947	817.3032

FIGURE 3.8 – Informations sur les nœuds.

2- Simulation de l'approche NMCAM

A- Les étapes de réalisation de simulation

- Initialisation des variables de simulation.
- Déploiement des nœuds dans le réseau.

1. Initialisation des variables de simulation.

Cette étape inclut la déclaration des variables globaux tels que le nombre de nœuds, la taille du réseau, ainsi que la création des nœuds et leur structure.

Paramètres	Abréviation	Type
Identité du nœud	ID	Entier
Nombre de voisins	nbrv	Entier
Les coordonnées du nœud	x,y	Réel
La table des voisins	tabV	Tableau d'entier
L'énergie	ED	Entier

TABLE 3.4 – Structure d'un nœud dans l'approche NMCAM.

2. Déploiement des nœuds dans le réseau

Cette approche a le même déploiement que l'approche HMA et OLSRM, tel que Les nœuds sont déployés d'une manière aléatoire sur une surface de $(1000*1000)$ m².

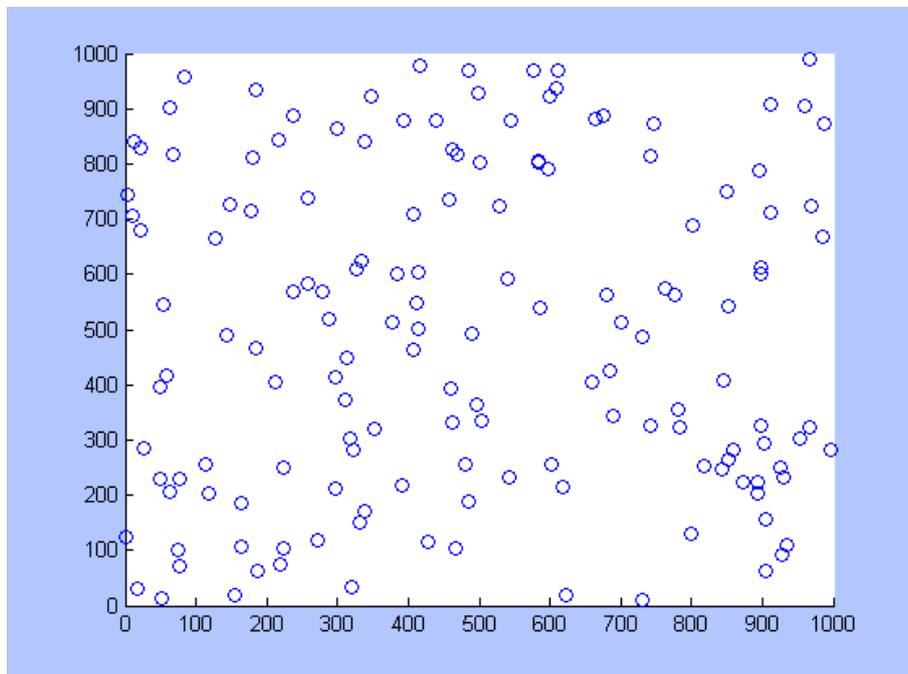


FIGURE 3.9 – Déploiement du réseau.

3.6 Evaluation des performances des approches choisies

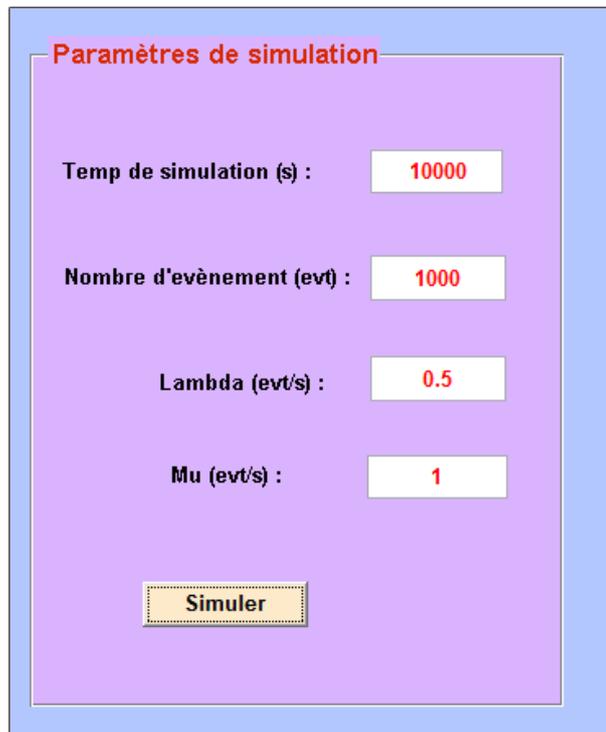
3.6.1 L'approche basée sur la clustérisation

1. Evaluation des performances de l'approche HMA

- (a) **Energie moyenne consommée en fonction de nombre de messages échanger pour la construction de la topologie :**

Pour construire sa topologie, HMA doit consommer un certain niveau d'énergie. Dans cette étape on va faire une étude de ce critère qui est l'énergie moyenne consommée pour la construction de la topologie, cette étude est faite comme suite :

A partir de la fenêtre suivante on introduit les paramètres de simulation :



The image shows a software window titled "Paramètres de simulation" (Simulation Parameters). The window has a light blue border and a light purple background. It contains four input fields, each with a label and a value:

- Temp de simulation (s) : 10000
- Nombre d'évènement (evt) : 1000
- Lambda (evt/s) : 0.5
- Mu (evt/s) : 1

At the bottom of the window, there is a yellow button with the text "Simuler" (Simulate).

FIGURE 3.10 – Paramètres de simulation.

Après l'introduction des paramètres de simulation, on a obtenu les résultats illustrés dans la figure suivante :

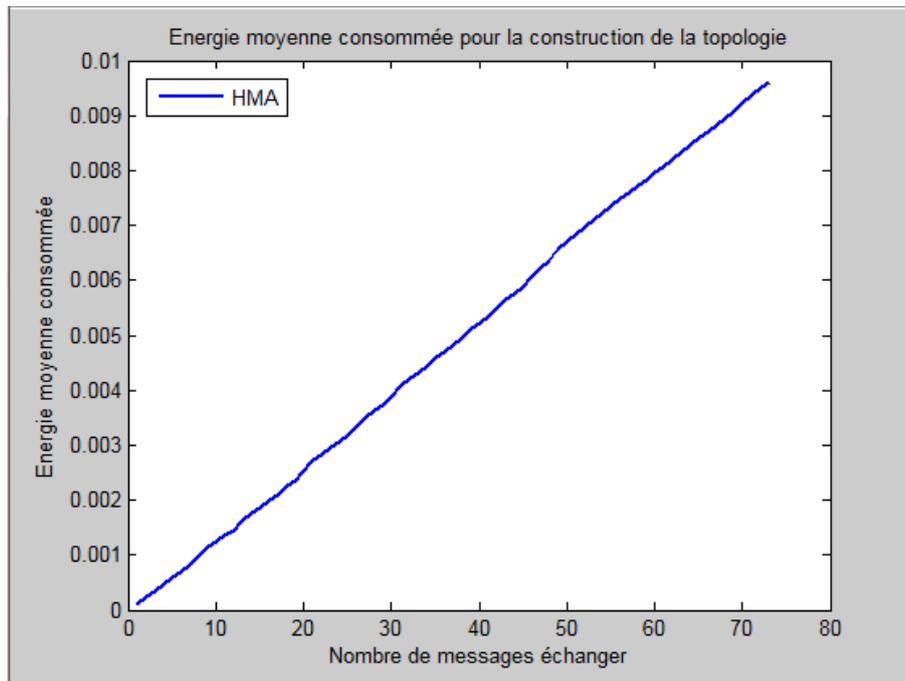


FIGURE 3.11 – Energie moyenne consommée pour la construction de la topologie.

Comme illustrer dans cette figure, on remarque l'augmentation de l'énergie moyenne consommée, cela revient à l'augmentation de nombre de messages échangés pour construire la topologie virtuelle (élire les gestionnaires).

(b) **Energie moyenne consommée pendant la collecte :**

Dans [24], ils n'ont pas cité comment HMA collecte les informations donc on a fait la supposition suivante :

On a crée un échéancier d'évènements qui contient l'identité de nœud émetteur, le temps de réalisation de cet évènement. Les nœuds émetteurs sont choisis d'une manière aléatoire, dont chaque nœud va envoyer ces informations vers son gestionnaire, et on a obtenu les résultats suivants :

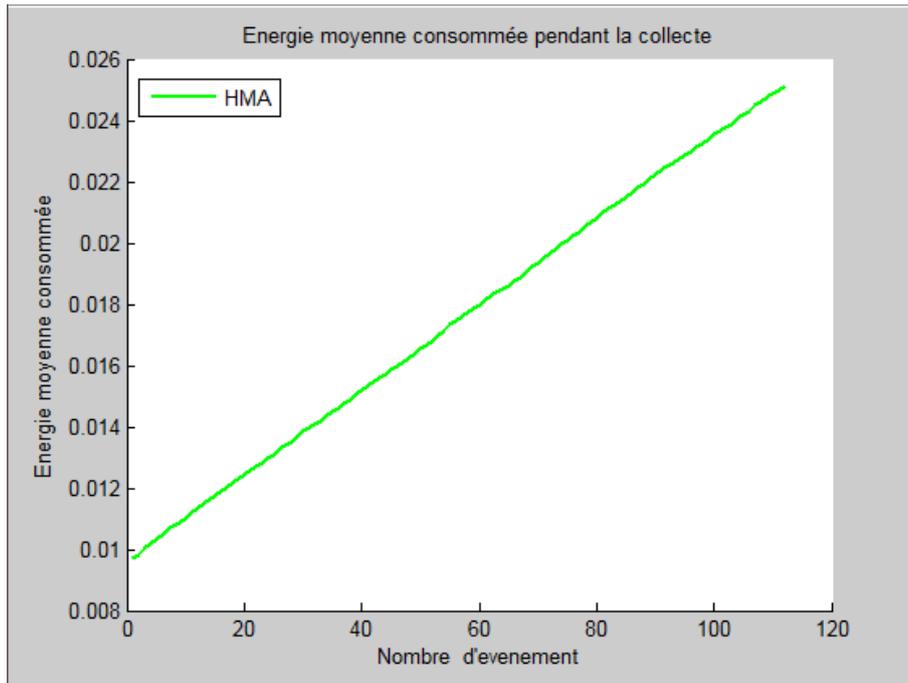


FIGURE 3.12 – Energie consommée pendant la collecte.

Dans cette figure, on remarque que le niveau d'énergie consommée pour la collection des données est très petit, cela revient aux mécanisme de clusterisation qui permet de reduire la consommation d'énergie.

3.6.2 Les approches basées sur le routage

1. Evaluation des performances de l'approche OLSRM et NMCAM

On a fait l'évaluation des performances selon le critère d'énergie moyenne consommée pendant la collecte, et le critère de nombre de message échangé pour la collecte des données, et on a obtenu les résultats suivants :

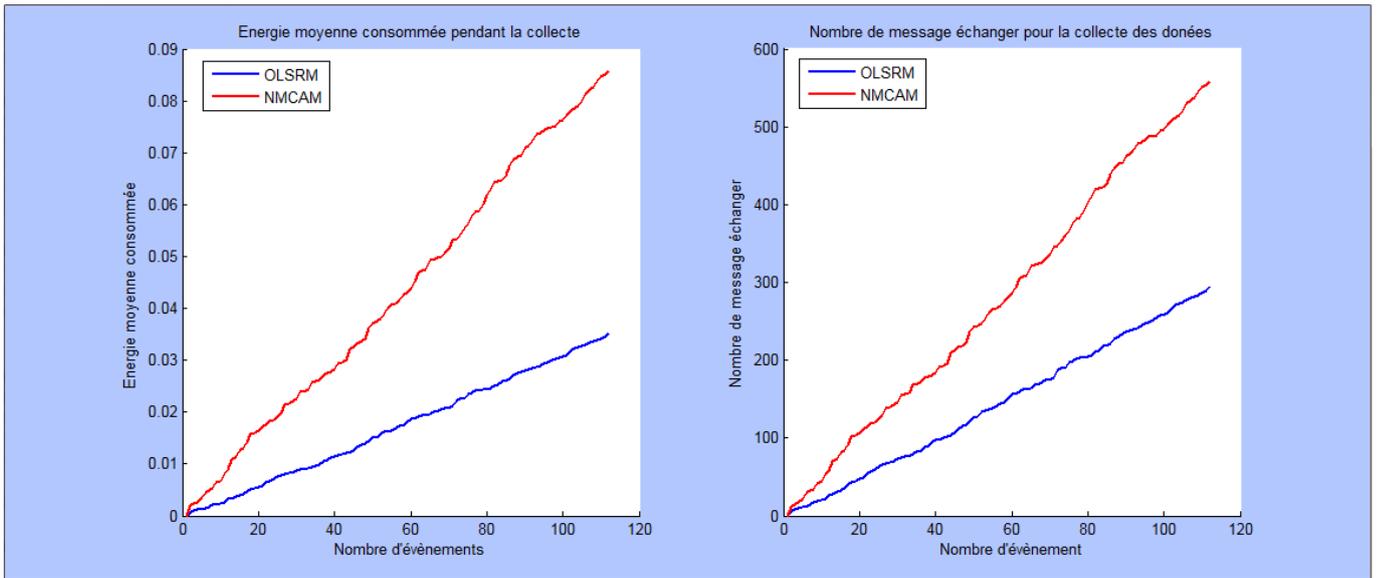


FIGURE 3.13 – Energie moyenne consommée et nombre de message échangé.

D'après les résultats obtenu, on remarque que l'approche NMCAM consomme plus d'énergie que l'approche OLSRM, et elle effectue un nombre important d'échange de messages environ 550 messages par rapport à l'approche OLSRM qui a effectuée environ 300 messages, car cette dernière utilise les nœuds MPR qui réduisent le trafic dans le réseau et minimisent la consommation d'énergie.

3.7 Comparaison entre les approches (HMA, OLSRM, NMCAM)

On a fait la comparaison entre ces trois approches, selon le critère d'énergie moyenne consommée pendant la collecte des données, selon les résultats illustrer dans la figure suivante :

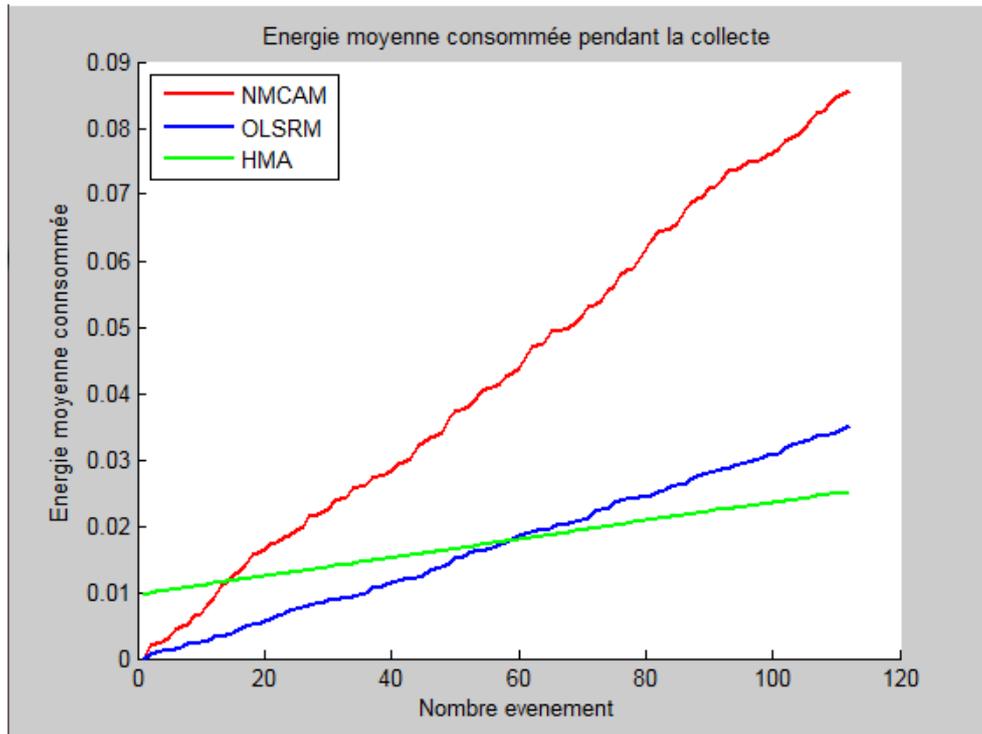


FIGURE 3.14 – Energie moyenne consommée pendant la collecte.

À partir des résultats, on remarque que l’approche NMCAM consomme plus d’énergie que les approches HMA et OLSRM, cela revient au grand nombre de messages échangés pour trouver les routes, ainsi que le traitement des nœuds malveillants qui obligent la rétablissement des routes. Par contre, OLSRM consomme un niveau d’énergie moyenn par rapport à NMCAM et HMA, cela revient à l’utilistaion des nœuds MPR qui réduisent le trafic dans le réseau et facilitent la collecte des données.

Par contre, l’approche HMA consomme un niveau d’énergie très petit par rapport aux autres approches, cela revient au mécanisme de clusteristion utilisée par cette approche, tel que chaque gestionnaire collecte les données relatives à son cluster.

Finalement, l’approche HMA parait la plus performante par rapport aux autres approches ce qui implique que les approches de monitoring basées sur la clusterisation sont plus adaptées au monitoring dans les réseaux mobiles ad hoc.

3.8 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté le choix de simulateur, puis nous avons cité les paramètres de simulation, après nous avons évalué les performances des approches de monitoring choisies, selon le critère cité, enfin on a terminé ce chapitre par une comparaison des résultats obtenus.

Conclusion générale

Ce mémoire traite le problème du monitoring dans les réseaux ad hoc. Il a comme but de simuler et d'évaluer les performances des approches de monitoring existante.

Pour commencer, nous avons donné des généralités sur les réseaux sans fil et plus particulièrement les réseaux mobiles ad hoc. Ainsi, nous avons entamé les motivations derrière leur développement, leur historique, les classifications connues et leurs caractéristiques, ainsi que le routage et les protocoles de routage utilisés.

En deuxième lieu, nous avons étudié le monitoring dans les réseaux mobile ad hoc son processus et ses difficultés et nous avons énuméré les principales approches existantes dans la littérature, et nous avons fini par une étude comparative.

En troisième lieu, nous avons présenté le choix de simulateur utilisé, puis nous avons cité les approches de monitoring choisis pour la simulation. En suite nous avons cité les paramètres de simulation et on a terminé ce chapitre par une comparaison des résultats obtenus.

Après la comparaison effectuée, on a conclut que les approches de monitoring basées sur la clusterisation sont les plus adaptées au monitoring des réseaux mobiles ad hoc.

En perspective à notre travaille il parait nécessaire de considérer d'autre critère d'évaluation, Nous souhaitons aussi de simuler nous approches avec d'autres simulateurs et de comparer les résultats obtenus avec les notre.

Bibliographie

- [1] N. BOUKHECHEM. Routage dans les réseaux mobiles ad hoc par une approche à base d'agents. Mémoire de magister en informatique, Université de Constantine, 2008
- [2] T. Tuan. Protocoles de routage dans les réseaux multi-radios mobiles. Institut de la francophonie pour l'Infomatique. Hanoï, Juin-2009.
- [3] N.SADAoui, S.HEDDAR. Monitoring optimisé avec la théorie des jeux des réseaux mobiles ad hoc (MonOpt). Mémoire de Master, Université Abderrahmane MIRA, 2013.
- [4] H.LABIOD. Réseau mobile ad hoc et réseau de capteur sans fil. Lavoisier, 2006.
- [5] M. Dawoud. Analyse du protocole AODV. DEA d'Informatique, Université Paul Sabatier, 2006.
- [6] Y. Ganjali and A. Keshavarzian. Load Balancing in Ad Hoc Networks : Single-path Routing vs. Multi-path Routing. In Proc. of the 23rd IEEE International Conference on Computer Communications. Hong Kong, March 2004.
- [7] M. Burmester and A. Yasinsac. Security Issues in Ad-Hoc Networks. Springer Verlag, August 2006.
- [8] T. LEMLOUMA. Le Routage dans les Réseaux Mobiles Ad Hoc. Mini projet, USTHB, 2000.
- [9] E. Reuter. Agents Mobiles. Itinéraires pour l'administration système et réseau. Thèse de doctorat. Université de Nice Sophia Antipolis UFR SCIENCES.
- [10] R.SAHLI, H SAHALI. Monitoring Performant des réseaux mobile ad hoc (MonPerf). Mémoire de Master, Université Abderrahmane MIRA, 2013.
- [11] R. Badonnel. Supervision des Réseaux et Services Ad-Hoc. Thèse de doctorat de l'Université Henri Poincaré–Nancy, 2006.
- [12] Z.BOUGHANI, K.BOURENANE. Monitoring des réseaux ad hoc. Mémoire de Master, Université Abderrahmane MIRA, 2010.

- [13] R.GOUDJIL, F.TIGHILT. *Monitoring des réseaux ad hoc*. Mémoire de Master, Université Abderrahmane MIRA, 2011.
- [14] D. Ngo, N. Hussain, M. Hassan, J. Wu. *WANMON : A Ressource Usage Monitoring Tool for Ad hoc Wireless Network*. Proceeding of the 28th Annual IEEE International Conference on Local Computer Network, 2003.
- [15] W. Chen, N. Jain, and S. Singh. *ANMP : Ad-Hoc Network Management Protocol*. University of South Carolina, Columbia, 1999.
- [16] S. Ghannay, S. Mettali Gammar, F. Kamoun. *The Monitoring of Ad Hoc Networks Based on Routing*. University of Manouba, Tunisia, 2010
- [17] K. Ramachandran, M. Elizabeth, B.Royer, C. Kevin . Almeroth. *DAMON : A Distributed Architecture for Monitoring Multi-hop Mobile Networks*. University of California Santa Barbara, 2003.
- [18] H. Kazemi, G.Hadjichritofi, L. A.DaSilva, *MMAN : A Monitor for Mobile Ad hoc Networks : Design, Implementation, and Experimental Evaluation*, 2008.
- [19] C.-C. Shen, C. Jaikao, C. Srisathapornphat, and Z. Huang. *The GUERRILLA Management Architecture for Ad-hoc Networks*. IEEE Military Communications Conference, USA, October 2002.
- [22] Z. Movahedi, M. Ayari, R. Langar, and G. Pujolle. *A Survey of Autonomic Network Architectures and Evaluation Criteria*, 2012.
- [21] Y.Al-Sbou, *A Novel Quality of Service Monitoring for Mobile Ad Hoc Networks*. Mu'tah University, Jordan. Middle-East Journal of Scientific Research, 2012.
- [22] K. Gopalakrishna, V. Rhymend Uthariaraj, *Neighborhood Monitoring Based Collaborative Alert Mechanism to Thwart the Misbehaving Nodes in Mobile Ad hoc Networks*, European Journal of Scientific Research ISSN, 2011.
- [23] A. Manuel, *Eléments de MATLAB*, Cour Matlab, Université de Genève, 2004.
- [24] Z. Yanping, J.Yuehui, C.Yidonq, Q. Xirong, *The reaserch of hierarchy model for ad hoc network monitoring based on clustering*, Beijing Univercity of Posts end telecommunications, 2009.
- [25] A. Benoit. *Algorithmique des réseaux et des télécoms*. Notes de cours master1, université de Lyon, 2006.

1. L'algorithme de sélection des MPR

Pour sélectionner les MPR on a appliqué l'algorithme suivant [25] :

On note par $\text{MPR}(u)$ l'ensemble des MPR de u .

Alors, l'algorithme de sélection des MPR est le suivant.

1. Initialiser $\text{MPR}(u) = \{ \}$

2. Identifier l'ensemble des nœuds de $N(u)$ qui sont les seuls ayant un lien avec un des voisins du second niveau. Ajouter ces nœuds à $\text{MPR}(u)$, et éliminer tous les nœuds de second niveau couverts par ces derniers de $N^2(u)$.

3. Tant que $N^2(u) \neq \{ \}$ faire

(a) Calculer le degré de chaque nœud v dans $N(u)$ (degré = nombre de voisins de $N^2(u)$ couverts par v).

(b) Choisir un des nœuds de degré maximal et l'ajouter à l'ensemble des relais multipoint $\text{MPR}(u)$, et éliminer tous les nœuds de second niveau couverts par celui-ci de $N^2(u)$.

Résumé

Les réseaux mobiles ad hoc sont un nouveau type de réseaux basés sur la technologie sans fil, qui ne dépendent d'aucune infrastructure préétablie ou les nœuds mobiles doivent coopérer ensemble pour pouvoir gérer leurs communications.

Le monitoring est une activité d'observation qui consiste à évaluer l'état opérationnel et fonctionnel d'un réseau. Elle permet de déterminer la topologie, l'usage des ressources ainsi que les performances du réseau en termes de disponibilité et plus généralement en termes de qualité de service.

Plusieurs approches de monitoring ont été développées pour assurer le bon fonctionnement du réseau, ce mémoire a pour objectif la simulation et l'évaluation des performances de ces approches.

Mots clés : Réseau mobile ad hoc, Bluetooth, clustérisation, monitoring, Matlab.

Abstract

Mobile ad hoc networks are a new type based on wireless technology, which do not depend on pre-established infrastructure and mobile nodes must cooperate together to manage their communications networks.

Monitoring is a monitoring activity is to assess the operational and functional status of a network. It determines the topology, the use of resources and network performance in terms of availability and more generally in terms of quality of service.

Several approaches to monitoring have been developed to ensure the proper functioning of the network, memory aims to simulation and evaluation of performance of these approaches.

Key words : Mobile ad hoc network, monitoring, Bluetooth, clustering, Matlab.
