

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

Département d'Informatique et des Technologies de l'Information



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master en Informatique

Domaine : Informatique et Technologie de l'Information

Spécialité : Administration et sécurité des réseaux

Présenté par : DJEDIAI Mounir

KAMA Bellahcene

Thème :

Evaluation des Performances des Différents Protocoles de

Routage des Réseaux AD HOC pour les Réseaux

Multi-UAV (FANET)

Etude Comparative des Protocoles DSDV et AODV

Encadré par : Pr. CHERADID Abdellatif

Année universitaire : 2021-2022



Remerciements

D'abord nous remercions le bon dieu de nous avoir donnée santé, courage, volonté et foi pour réaliser ce travail. Au terme de la rédaction de ce mémoire, nous tenons à remercier notre encadreur Pr. CHERADID ABDELLATIF pour son aide durant la période du travail. Nous vifs remerciements vont également aux membres jurys qui nous feront l'honneur d'évaluer notre travail.

Nous exprimons également notre gratitude à tous les professeurs et enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à la fin de notre cycle universitaire.

On n'oublie pas de remercier nos parents, nos frères et sœurs pour leur soutien moral et physique, pour les merveilleux moments qu'on a passé ensemble, et à tous amis sans exception.



Dédicaces

*Je tiens à remercier Dieu qui m'a donné la santé,
la possibilité ainsi que la volonté d'entamer
Et de continuer mes études.*

*Je dédie ce modeste travail à:
A mes très chères parents qui ont beaucoup sacrifiés
pour me faire réussir et pour leur patience et encouragement.*

*A mes Très chères sœurs
et mes très chers frères.*

KAMA Bellahcene



Dédicaces

*Je rends grâce à dieu de m'avoir donné le courage et la volonté
ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études.*

J'ai l'immense honneur de dédier ce mémoire:

*A mes très chers parents qui étaient présents pour
moi durant toute ma vie.*

*Je dédie ce travail aussi à mes très
chers frères sans oublier ma très chère sœur*

A tous ceux qui me sont chères.

DJEDIAI Mounir



Résumé

L'émergence récente mais remarquable des véhicules aériens sans pilote (UAV), qui occuperont bientôt la plupart de nos systèmes de service, est essentielle à l'expansion des nouvelles technologies de communication et des réseaux sans fil. Ces machines peuvent être utilisées comme stations de base volantes pour étendre et/ou améliorer la couverture du système de communication mobile terrestre afin de répondre efficacement à la demande toujours croissante de trafic. Cependant, déterminer les meilleurs positionnements de ces véhicules lors de leur déploiement reste un véritable enjeu majeur pour en tirer des résultats satisfaisants.

La contribution principale de cette thèse comprend une étude des différents protocoles de routage dans le réseau Ad Hoc et leur compatibilité avec Flying Ad Hoc Network, ce type de réseau qui possède ses propres fonctionnalités. Et pour booster notre travail nous avons fait une comparaison entre deux protocoles de familles différentes : le protocole DSDV qui est un protocole proactif et l'autre est le protocole AODV qui, à son tour, appartient à la famille des protocoles, utilisant différents modèles de mobilité pour évaluer les performances des deux protocoles. La simulation a été réalisée à l'aide d'un outil de simulation de réseau OMNET.

Mot clé : Véhicule aérien sans pilote, FANET, réseau Ad Hoc, Protocol Routage : DSDV et AODV, simulateur OMNET++

Abstract

The recent but remarkable emergence of unmanned aerial vehicles (UAVs), which will soon occupy most of our service systems, is key to the expansion of new communication technologies and wireless networks. These machines can be used as flying base stations to extend and/or improve the coverage of the land mobile communication system in order to respond effectively to the ever-increasing demand for traffic. However, determining the best positions for these vehicles during their deployment remains a real and major challenge to achieve satisfactory results from them.

The main contribution of this thesis includes a study of the different routing protocols in Ad Hoc network and their compatibility with Flying Ad Hoc Network, this type of network which has its own functionalities. And to boost our work we made a comparison between two protocols of different families: the DSDV protocol which is a proactive protocol and the other is the AODV protocol which, in turn, belongs to the family of protocols, using different models of mobility to evaluate the performance of the two protocols. The simulation was performed using an OMNET network simulation tool.

Keyword : Unmanned Air Vehicle, Flying Ad Hoc Network, Ad Hoc Network,

Protocol Routing : DSDV and AODV, OMNET++ simulator.

الملخص

بعد الظهور الأخير ولكن الملحوظ للمركبات الجوية غير المأهولة (UAVs) ، والتي ستشغل قريباً معظم أنظمة خدمتنا ، أمرًا أساسيًا لتوسيع تقنيات الاتصال والشبكات اللاسلكية الجديدة. يمكن استخدام هذه الآلات كمحطات قاعدة متنقلة لتوسيع و / أو تحسين تغطية نظام الاتصالات الأرضية المتنقلة من أجل الاستجابة بفعالية للطلب المتزايد باستمرار على حركة المرور. ومع ذلك، فإن تحديد أفضل المواقع لهذه المركبات أثناء نشرها يظل تحديًا حقيقيًا وكبيرًا لتحقيق نتائج مرضية منها.

تشمل المساهمة الرئيسية لهذه الأطروحة دراسة بروتوكولات التوجيه المختلفة في شبكة Ad Hoc وتوافقها مع Flying Ad Hoc Network ، وهذا النوع من الشبكات له وظائفه الخاصة. ولتعزيز عملنا، قمنا بإجراء مقارنة بين بروتوكولين لعائلات مختلفة: بروتوكول DSDV وهو بروتوكول استباقي والآخر هو بروتوكول AODV الذي ينتمي بدوره إلى عائلة البروتوكولات، باستخدام نماذج مختلفة من التنقل لتقييمها. أداء البروتوكولين. تم إجراء المحاكاة باستخدام أداة محاكاة شبكة OMNET.

الكلمة الرئيسية: مركبة جوية بدون طيار ، شبكة مخصصة للطيران ، شبكة مخصصة ، توجيه البروتوكول :
DSDV و AODV ، محاكي. ++ OMNET

Table des matières

Glossaire.....	1
Introduction générale.....	3

Chapitre I:Les réseaux sans-fil

1. Introduction	5
2-Définition	5
3-Les catégories des réseaux sans-fil	6
1. Les réseaux avec infrastructure (cellulaire).....	6
2. Les réseaux mobiles sans infrastructure.....	6
4-Réseaux Ad hoc	7
1. Définition.....	7
2. Caractéristiques.....	7
3. Types.....	8
5-Réseaux Manet	10
1. Définition.....	10
2. Applications.....	10
3. Le modèle de mobilité.....	11
4. Routage dans le Manet.....	12
6-Réseaux Fanet	13
1. Définition.....	13
2. Architecture.....	14
3. Caractéristiques.....	16

Chapitre II: Les Protocoles de routage pour les FANETs.

1-Introduction.....	20
2- Les protocoles de routage.....	20
1. Routage basé sur la topologie	20
2. Routage basé sur la position (routage géographique)	21
3. Routage Hiérarchique	23
3-Conclusion.....	24

**Chapitre III: Analyse de performance des
protocoles de routage pour Fanet**

1-Introduction	26
2-La simulation	26
3-Les outils utilisés	26
4-Description des protocoles AODV et DSDV	27
Le protocole AODV (Ad hoc on demand Distance Vector)	27
• Définition	27
• Les types de message	27
• Fonctionnement	28
• Les avantages	29
• Les inconvénients	29
Le protocole DSDV (Destination Sequence-Distance Vector)	30
• Définition	30
• Fonctionnement	30
• Les avantages	31
• Les inconvénients	31
5-Les Métriques de la simulation...	31
6-Etude de performances des deux protocoles.....	32
• Scénario 1	32
• Discussion	36
• Scénario 2	36
• Discussion	39
7-Conclusion	39
Conclusion générale	41
Perspectives.....	42
Références&Bibliographie	43

Liste des figures

Figure I.1 Exemple d'un réseau cellulaire.....	6
Figure I.2. Un modèle de réseau mobile sans infrastructure	7
Figure I.3.Un réseau AD-hoc.....	7
Figure I.4.Un modèle de réseaux des captures(WSNs).....	9
Figure I.5.Un modèle d'un réseau maillé(WMNs)	9
Figure I.6. Réseaux mobile AD-hoc(Manet).....	10
Figure I.7. Exemple d'application militaire de Manet.....	11
Figure I.8.Le modèle de réseau Fanet	14
Figure I.9. Un exemple d'un réseau AD-hoc UAV	15
Figure I.10.Un réseau UAV multi groupe.....	15
Figure I.11.Un réseau UAV multi couches	16
Figure III.1 : Le format de message RREQ.....	28
Figure III.2 : Le format de message RREP	28
Figure III.3 : Le format de message RRER	28
Figure III.4.Processus de découverte de chemin AODV	29
Figure III.5.Exemple de protocole DSDV.....	31
Figure III.6: Packet Delivery Ratio vs. Nombres de Nœuds (linear Mobility)	33
Figure III.7: Packet Delivery Ratio vs. Nombres de Nœuds (Circul Mobility)	33
Figure III.8: END-TO-END DELY vs. Nombres de Nœuds (Linear Mobility)	34
Figure III.9: END-TO-END DELY vs. Nombres de Nœuds (Circul Mobility)	34
Figure III.10: Energie vs. Nombres de Nœuds (Linear Mobility).....	35
Figure III.11: Energie vs. Nombres de Nœuds (Circul Mobility).....	35
Figure III.12: Packet Delivery Ratio vs. Temps de simulation (Linear Mobility)	36
Figure III.13: Packet Delivery Ratio vs. Temps de simulation (Circul Mobility).....	37
Figure III.14: END-TO-END DELY vs. Temps de simulation (Linear Mobility)	37
Figure III.15: END-TO-END DELY vs. Temps de simulation (Circul Mobility)	38
Figure III.16: Energie vs. Temps de simulation (Linear Mobility).....	38
Figure III.17: Energie vs. Temps de simulation (Circul Mobility)	39

Liste des tableaux

Tableau III.1. Les paramètres utilisés dans les scénarios	32
---	----

Glossaire

Glossaire

AODV: Ad Hoc On-Demand Distance Vector	6	Message
BGP: Border Gateway Protocol	LDP: Label Distribution Protocol	RRER: Route Error Message
BSS: Basic Service Set	MANETs: Mobile Ad-hoc Networks	SB: Station de base
DCR: Data Centric Routing	MPLS: Multi-Protocol Label Switching	TCP : Transmission Control Protocol
DSDV: Dynamic destination Sequenced Distance Vector	OLSR: Optimized Link State Routing Protocol	UAS: Unmanned Aerial System
DSR: Dynamic Source Routing	OMNET++: Objective Modular Network Testbed in C++	UAV: Unmanned Aerial Vehicle
FANETs: Flying Ad Hoc Networks	OSI: Open Systems Interconnection	UDP: User Datagram Protocol
GPS: Global Positioning System	OSPF: Open Shortest Path First	UM: Unite mobile
GSM: Global System for Mobile communication	RPGM: Reference Point Group Mobility	WMNs: Wireless Mesh Networks
IBSS: Independent Basic Service Set	RREP: Route Reply Message	WRP: Wireless Routing Protocol
IP: Internet protocol	RREQ : Route Request	WSNs: Wireless Sensor Networks
IPV4 : Internet Protocol version 4		
IPV6 : Internet Protocol version 6		

Introduction générale

Introduction Générale

L'évolution récente des technologies des réseaux sans fils a permis aux usagers d'accéder à l'information indépendamment des facteurs temps et lieu ; avec une grande flexibilité d'emploi, lorsque les utilisateurs peuvent se déplacer librement tout en continuant leurs communications. Les réseaux mobiles sans fil peuvent être classés en deux catégories : les réseaux avec infrastructure qui utilisent généralement le modèle de la communication cellulaire, et les réseaux sans infrastructure appelés réseaux Ad hoc. Plusieurs systèmes utilisent déjà le modèle cellulaire et connaissent une très forte expansion à l'heure actuelle comme le cas des réseaux GSM, mais requièrent une importante infrastructure logistique et matérielle fixe. Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'étude et de l'évaluation des performances de deux protocoles de routage dans Flying Ad Hoc Networks (FANET) et de la recherche du plus performant entre eux. Notre étude présente principalement une étude synthétique des travaux de recherche qui ont été menés, et sont menés à l'heure actuelle, dans le but de résoudre présenter un résumé de la performance des deux protocoles et fournir le meilleur entre eux. Comme nous allons voir, le problème de routage est très compliqué, cela est dû essentiellement à la propriété qui caractérise les réseaux Ad hoc et qui est l'absence d'infrastructure fixe et de toute administration centralisée.

Ce mémoire est organisé comme suit : le premier chapitre est consacré aux réseaux sans-fil de façon générale. Le deuxième chapitre abordera le fonctionnement des différents protocoles de routage dans les réseaux Ad hoc. C'est dans le troisième chapitre que nous décrirons les différents scénarios à simuler en mettant l'accent sur le principe de fonctionnement d'OMNET. Enfin, les analyses des résultats couvrent le troisième chapitre qui est prend fin par des conclusions.



Chapitre I
Les réseaux sans-fil.

1. Introduction :

La mise en réseau sans fil fait référence à "l'utilisation de normes industrielles croisées, telles que IEEE 802.11, où les nœuds communiquent sans avoir besoin d'être câblés. L'infrastructure des réseaux sans fil utilise des protocoles standards qui sont orientés en fonction des exigences du réseau. Cela fait varier la capacité ainsi que la qualité des services des réseaux sans fil en fonction des appareils. Les réseaux sans fil sont généralement censés traiter des appareils fabriqués à partir de divers fabricants. Les réseaux sont donc censés être capables de prendre en charge différentes technologies matérielles, architectures et protocoles de transport et également de contrôler le flux de trafic au sein du réseau. Tous les réseaux sans fil utilisent des ondes dans la gamme du spectre électromagnétique. Par exemple, les réseaux locaux sans fil utilisent des ondes électromagnétiques à haute fréquence pour transmettre des données. La modulation et la démodulation des ondes radio utilisées pour transmettre des données se produisent respectivement au niveau de l'émetteur et du récepteur. Ils opèrent dans les bandes radio industrielles, scientifiques et médicales et les bandes d'infrastructure d'information nationale sans licence. Les réseaux sont souvent connectés à des routeurs pour leur permettre d'accéder à Internet. le Wi-Fi a le potentiel de permettre à toute personne disposant d'un appareil informatique de se connecter à Internet à des vitesses impressionnantes sans avoir besoin. Les réseaux sans fil utilisent également le modèle de référence Open System Interconnecté (OSI) dans la transmission des données. La manière dont ce modèle de référence s'applique aux réseaux sans fil est similaire aux réseaux câblés avec quelques différences dans la couche de liaison de données où les réseaux sans fil coordonnent l'accès des données à un support aérien commun et traitent également les erreurs qui se produisent en raison de la nature inhérente du support sans fil. Au niveau physique, les données sont transmises sous forme d'ondes radio.

2. Définition :

Un réseau sans-fil (en anglais Wireless network) est, comme son nom l'indique, un réseau dans lequel au moins deux terminaux (ordinateur portable, etc.) peuvent communiquer sans liaison filaire.

Grâce aux réseaux sans fil, un utilisateur a la possibilité de rester

connecté tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu, Les réseaux sans fil sont basés sur une liaison utilisant des ondes radioélectriques (radio et infrarouges) en lieu et place des câbles habituels. Les réseaux sans fil permettent de relier très facilement des équipements distants d'une dizaine de mètres à quelques kilomètres.

3. les catégories des réseaux sans-fil :

1. Les réseaux avec infrastructure (cellulaire) :

En mode avec infrastructure, également appelé le mode BSS (Basic Service Set) certains sites fixes, appelés station de base (SB) sont munis d'une interface de communication sans fil pour la communication directe avec des sites ou unités mobiles (UM), localisés dans une zone géographique limitée, appelée cellule.

A chaque station de base correspond une cellule à partir de laquelle des unités mobiles peuvent émettre et recevoir des messages.

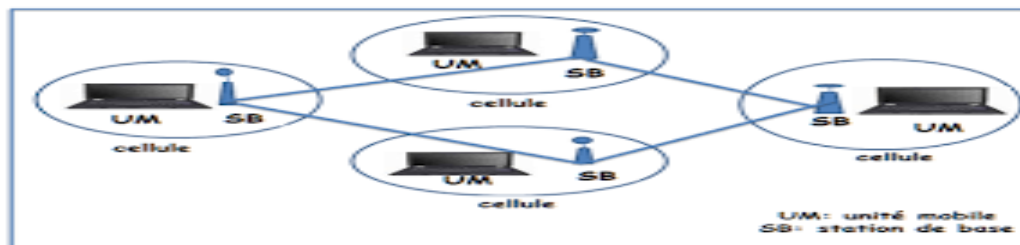


Figure I.1 : Exemple d'un réseau cellulaire

2. Les réseaux mobiles sans infrastructure :

Le réseau mobile sans infrastructure également appelé réseau Ad hoc ou IBSS (Independent Basic Service Set) ne comporte pas l'entité «site fixe», tous les sites du réseau sont mobiles et se communiquent d'une manière directe en utilisant leurs interfaces de communication sans fil.

L'absence de l'infrastructure ou du réseau filaire composé des stations de base, oblige les unités mobiles à se comporter comme des routeurs qui participent à la découverte et la maintenance des chemins pour les autres hôtes de réseau.



Figure I.2 : Un modèle de réseau mobile sans infrastructure

4. Réseaux Ad-hoc :

1. Définition :

Le modèle du réseau mobile sans infrastructure pré existante ne comporte pas L'entité «site fixe» .Tous les sites du réseau sont mobile set communiquent d'une manière directe en utilisant leurs interfaces de communication sans fil.

L'absence de l'infrastructure ou d'un réseau filaire composé de station de base, obligé Les unités mobiles(UM) à se comporter comme des routeurs qui participent à la Découverte et à la maintenance de chemins pour les autres hôtes du réseau. Ce type de Réseau est appelé: Ad Hoc.

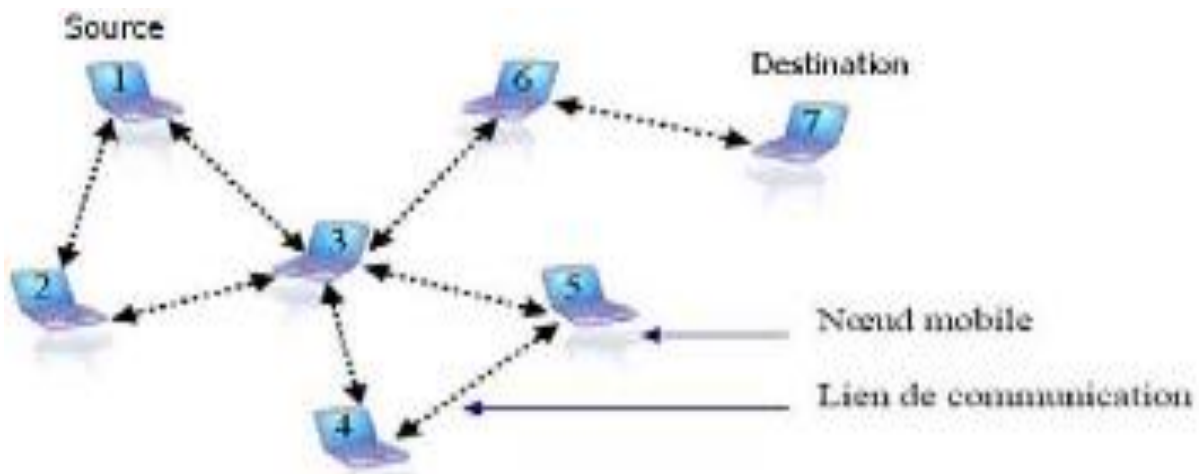


Figure I.3 : Un réseau AD-hoc

2. Caractéristiques :

Les caractéristiques de réseau ad-hoc sont :

1 Topologie dynamique :

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.

2 Contrainte d'énergie :

Les hôtes mobiles sont alimentés par des sources d'énergie autonomes comme les batteries ou les autres sources consommables. Le paramètre d'énergie doit être pris en considération dans tout contrôle fait par le système.

3 Sécurité physique limitée :

Les réseaux ad hoc mobiles sont plus vulnérables par rapport aux autres réseaux filaires et cellulaires. Cette vulnérabilité est due essentiellement à la nature du médium de propagation sans fil qui rend possibles certaines attaques malicieuses allant de l'écoute clandestine passive aux interférences actives. D'autres attaques redoutables, dues à la topologie du réseau, peuvent aussi être envisagées comme par exemple l'attaque WormHole

4 Bande passante limitée :

Une des caractéristiques primordiales des réseaux basés sur la communication sans fil est l'utilisation d'un médium de communication partagé (ondes radio). Ce partage fait que la bande passante réservée à un hôte soit modeste.

3. Types :

Il existe trois types de réseaux ad-hoc lesquelles :

1. Réseaux de captures (WSNs) :

Un réseau de capteurs sans fil est un réseau ad hoc avec un grand nombre de nœuds qui sont des micro-capteurs capables de récolter et de transmettre des données environnementales d'une manière autonome. La position de ces nœuds n'est pas obligatoirement prédéterminée.

Ils peuvent être aléatoirement dispersés dans une zone géographique, appelée « champ de captage » correspondant au terrain d'intérêt pour le phénomène capté.

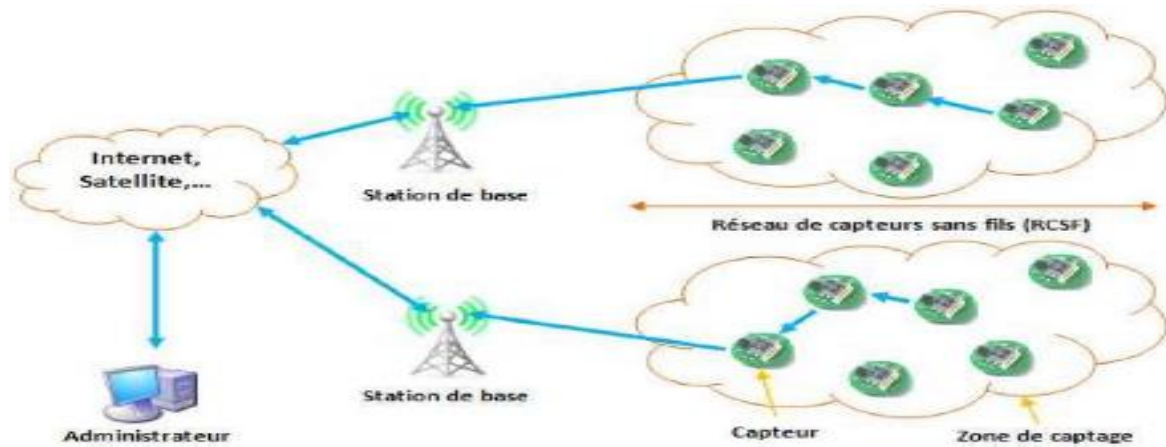


Figure I.4: Un modèle de réseaux des captures(WSNs)

2. Les réseaux maillés (WMNs) :

Un réseau maillé sans fil est un réseau sans fil où les données sont transmises à l'aide d'un réseau maillé. Autrement dit, les nœuds ne se contentent pas d'envoyer et de recevoir des données, mais servent également de relais pour d'autres nœuds et chaque nœud collabore à la propagation des données sur le réseau.

Un réseau maillé sans fil peut être considéré comme un ensemble de nœuds où chaque nœud maillé est également un routeur.

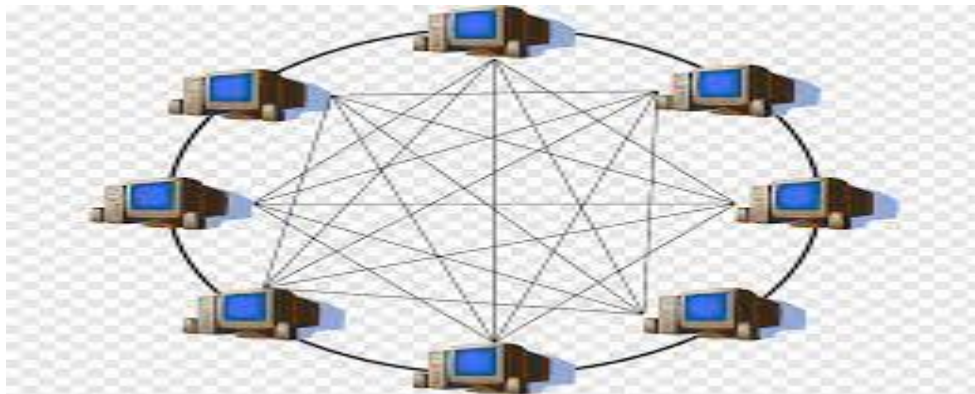


Figure I.5 : Un modèle d'un réseau maillé(WMNs)

3. Les réseaux mobiles Ad-hoc (MANETs) :

Ils consistent en un ensemble de nœuds mobiles connectés sans fil dans un réseau auto-configuré et auto-réparateur sans avoir d'infrastructure fixe. Les nœuds MANET sont libres de se déplacer de

manière aléatoire car la topologie du réseau change fréquemment. Chaque nœud se comporte comme un routeur lorsqu'il transfère le trafic vers d'autres nœuds spécifiés du réseau.

5. Réseaux Manets:

1. Définition

Un réseau ad hoc est constitué d'un ensemble d'unités et nœuds mobiles communiquant via un médium radio et qui ne requiert ni infrastructure fixe ni administration centralisée, Les "ondes radio" qui se propagent entre les différents nœuds mobiles sont le seul moyen de communication, Dès qu'un ensemble de nœuds mobiles se trouve à portée radio les uns des autres, alors le réseau se forme spontanément mais de manière provisoire.



Figure I.6 : Réseaux mobile AD-hoc(Manet)

2. Les Applications :

• Application médicale:

Ce type de réseau de capteurs offre de nouveaux services tels que la surveillance médicale et l'amélioration de la sécurité par la propagation d'alertes d'urgence. Cependant, la forte mobilité et le changement rapide de la topologie du réseau présentent un verrou scientifique et social. Ces applications doivent s'adapter aux besoins médicaux et avoir un coût économique faible.

• Jeux Vidéo :

Les réseaux sans fil sont bien adaptés pour permettre l'échange d'informations entre applications personnelles. Ainsi, pour les utilisateurs voulant jouer en réseau, il est facile et à faible coût de déployer un réseau ad hoc.

• Application militaires :

Opérations militaires : Un réseau mobile Ad hoc est la solution idéale pour maintenir la liaison entre des chars d'assauts, des avions de chasse ou même entre des soldats et leur supérieur au cours des exercices militaires ou dans un champ de bataille.

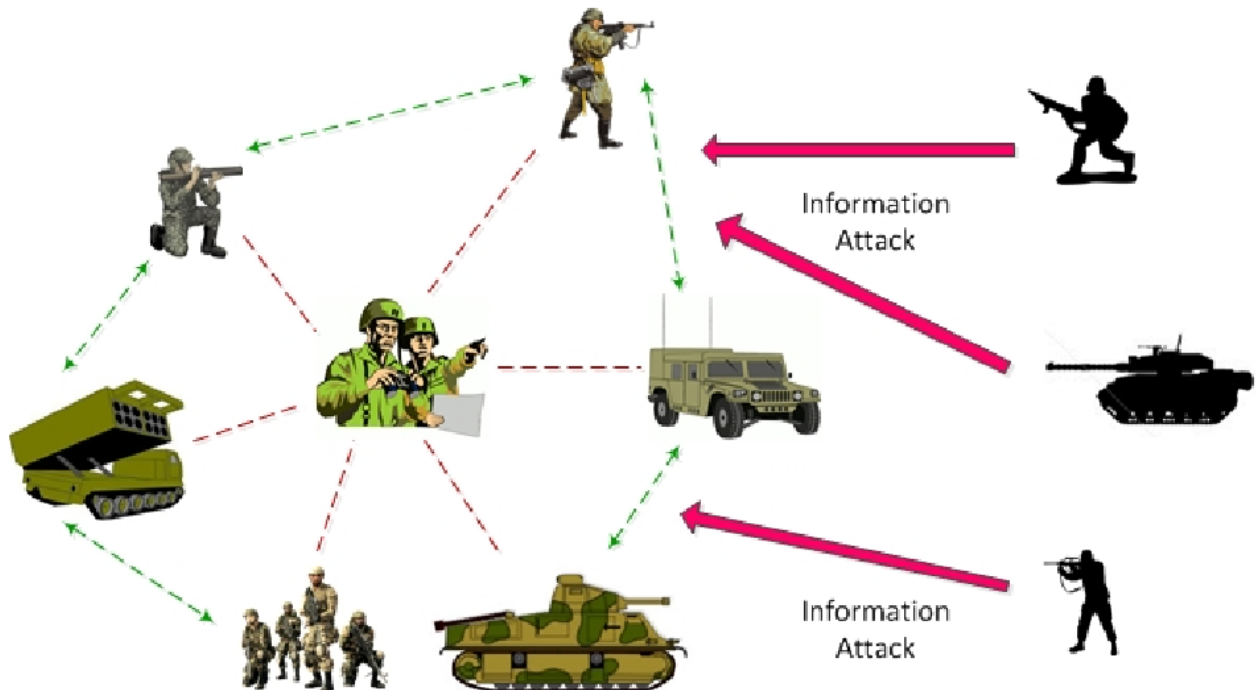


Figure I.7 : Exemple d'application militaire de Manet

- **Application commerciales :**

Pour un paiement électronique distant (taxi) ou pour l'accès mobile à l'Internet, où service de guide en fonction de la position de l'utilisateur.

3. Les modèles de mobilité :

a) Les modèles individuelles :

➤ sans mémoire :

Dans ces modèles, chaque nœud se déplace indépendamment des autres. Ces modèles peuvent être classés selon l'aspect aléatoire de leur mouvement, soit un mouvement absolument aléatoire sans aucune mémoire du passé, soit un mouvement souple où les variations de la vitesse, direction et position à chaque instant sont fonction de l'état précédent

Dans ces modèles, un nœud choisit une position et une vitesse d'une façon absolument aléatoire et sans aucune mémoire du passé. Dans ces modèles, on peut avoir fréquemment des comportements extrêmes des nœuds comme un arrêt soudain, une accélération soudaine et des tours brutaux. Les modules existents dans cette catégorie sont :

- Random Walk
- Random Way Point
- Random Direction
- Restricted Random Way Point

➤ **avec mémoire**

Dans ces modèles, appelés aussi corrélés, la vitesse et la direction à chaque instant, dépendent de l'instant précédent. Les modèles corrélés existents sont :

- Boundless
- Gauss Markov
- Markovian Random Path
- Le Modèle de mobilité avec obstacle

b) Les modèles de groupe :

Dans un modèle de groupe, les nœuds se déplacent ensemble comme un groupe de soldats par exemple qui a une certaine mission à accomplir. Les modèles de groupe qui existent sont les suivants :

- Le modèle exponentiel aléatoire corrélé
- Modèle de mobilité de colonne
- Le modèle de mobilité de communauté nomade
- Le modèle de mobilité de poursuite
- Le modèle de mobilité d'un groupe avec point de référence(RPGM)

4. Routage dans le Manet :

Les phases de routage :

1. Découverte de l'information de routage :

Cette étape permet de connaître les éléments nécessaires sur la topologie utilisée pour choisir un chemin qui peut atteindre le nœud de destination. En fonction de la quantité d'informations échangées, les nœuds obtiennent une vue plus précise de la topologie du réseau. Le protocole de routage est dans l'obligation d'optimiser l'envoi de ces informations, car elles sont fortement consommatrices en bande

passante et d'énergie.

2. Choix du chemin :

Après la collecte des informations de routage obtenues, le protocole de routage peut choisir une route en fonction de certains critères. Pour les protocoles de type Meilleur effort (« Best Effort »), le critère est le nombre minimum de sauts dans la route, le protocole choisit la route ayant le plus petit nombre de nœuds à traverser. Parmi les critères on trouve aussi, le critère d'économie d'énergie. Il faut aussi qu'on ne trouve pas de boucle dans Les routes choisies. La présence de boucles va rendre le chemin choisi inexploitable parce que le paquet ne pourra pas atteindre la destination en consommant inutilement de la bande passante et l'énergie. Un protocole de routage peut créer deux sortes de boucles : les boucles provisoires et les boucles permanentes. Les premières ont lieu pendant le temps transfert d'un message de routage ; Durant ce temps, des stations peuvent être mises à jour et d'autres non, d'où la possible apparition d'une boucle. Elle dure au maximum la durée de traversée du réseau par un message de routage. Le deuxième type ces Les boucles permanentes, quant à elles, sont dues au phénomène du bouclage à l'infini. Ces boucles peuvent consommer énormément de bande passante, et par conséquent de l'énergie en plus.

3. Maintenance de routage

La topologie du réseau Ad Hoc n'arrête pas d'évoluer avec le temps. De fait à cause de la nature mobile des nœuds, les routes sont dans l'obligation de changer avec la mobilité des nœuds. Une route doit éviter de rester longtemps invalide, car les paquets ne pourraient atteindre leur destination. Le protocole de routage doit prendre en considération ces changements et met à jour les routes qui viennent d'être coupées

6. Les Réseaux Fanets

1. Définition :

Les FANET sont un cas particulier des réseaux mobiles ad hoc (MANET). FANET est un réseau avec des nœuds sont représentés par

UAV volant dans le ciel qui peut voler automatiquement sans aide humaine. Il se compose de deux parties, un réseau ad hoc et une Station de base(BS) pour se connecter au réseau dans au moins l'une d'entre elles, selon le transport des données d'une base au sol à une autre.

Pour la communication entre les UAV dans les FANET, il utilise deux types de protocoles de communication, l'un entre l'UAVs lui-même et l'autre entre l'UAV et Station de base(BS).

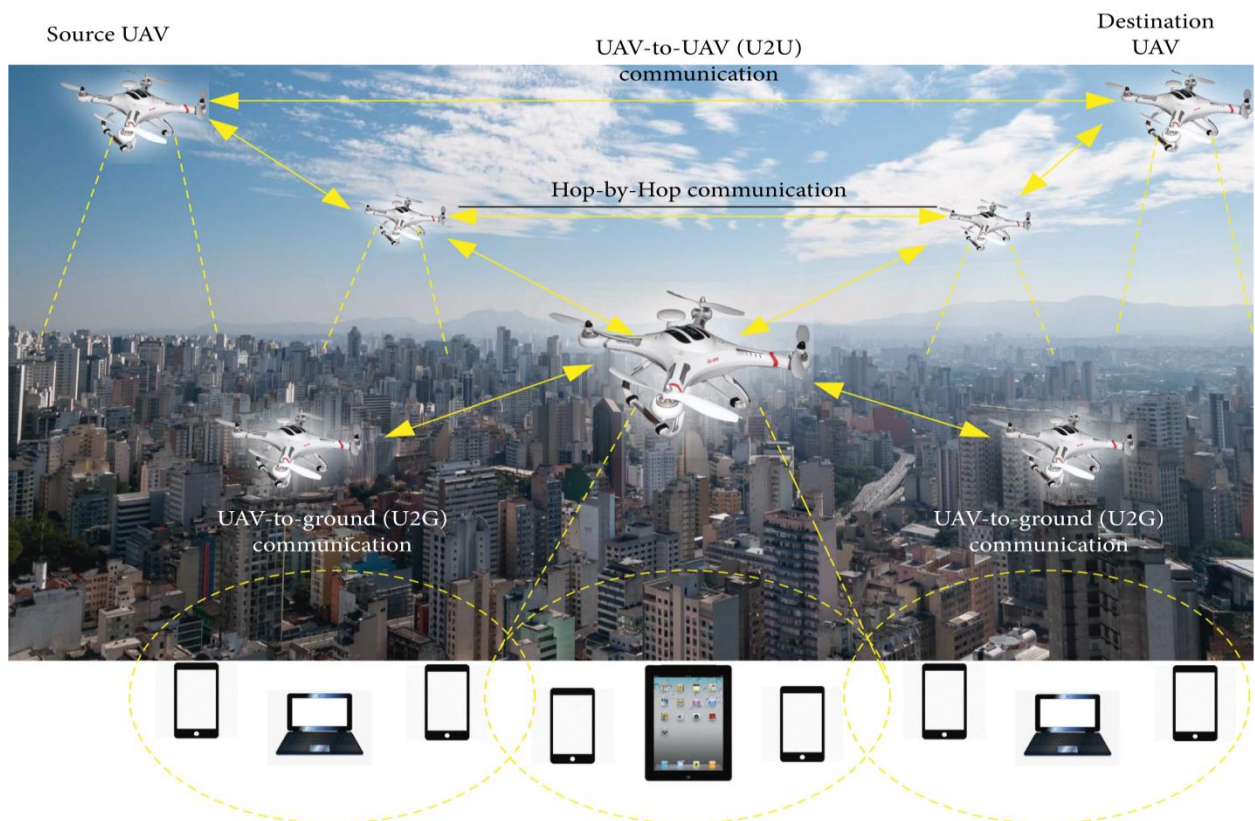


Figure I.8: Le modèle de réseau Fanet

2. Architecture :

Une architecture de communication dans FANET représente la topologie des UAV (localisations) et la méthode de transfert d'informations entre les UAV, et elle peut être classée en deux classes :

- **Architecture centralisée:**

Dans cette architecture, les drones communiquent directement avec le point d'accès, ils ne peuvent pas communiquer entre eux

- **Architecture décentralisée:**

- ❖ **Réseau ad hoc UAV:** dans cette architecture tous les UAVs communique entre eux et envoie les données au spécifique UAV appelle passerelle cette véhicule peut communique directement avec la station de base.

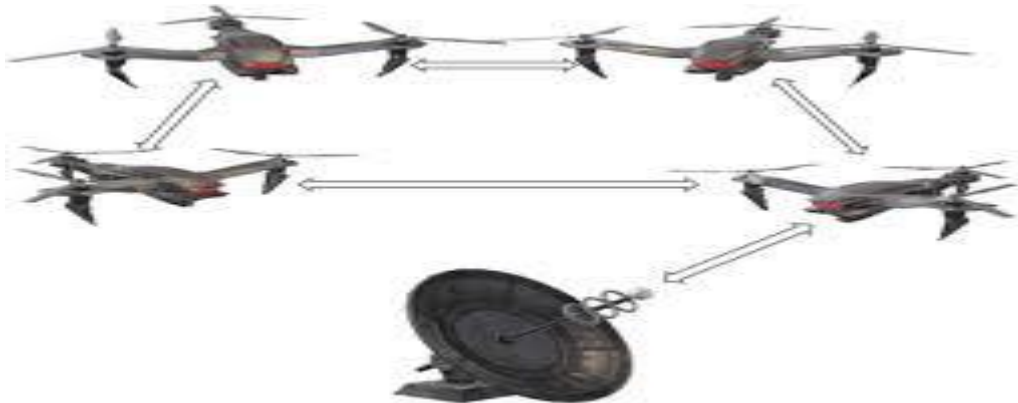


Figure I.9 : Un exemple d'un réseau AD-hoc UAV

- ❖ **Réseau UAV multi groupe :**

Dans cette architecture, il est divisé en plusieurs groupes, chaque groupe a une passerelle et celui-ci a une connexion directe avec la station de base.

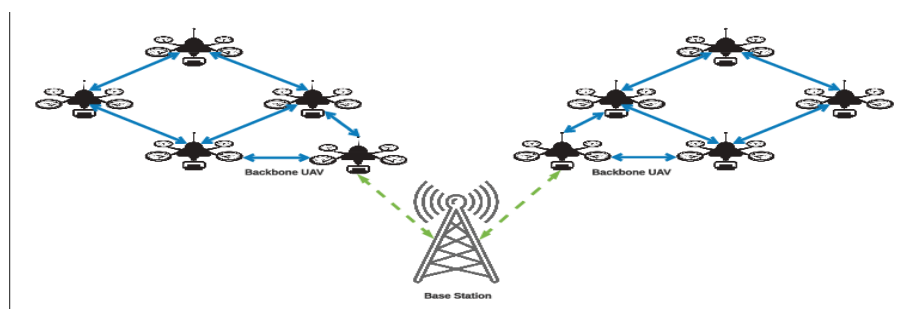


Figure I.10 : Un réseau UAV multi groupe

- ❖ **Réseau UAV multi couches :**

Est utilisé pour les drones hétérogènes. La couche inférieure est utilisée pour la communication entre les véhicules et la couche supérieure est utilisée pour la communication entre les passerelles et entre les passerelles et la BS. Le réseau Ad-Hoc est la meilleure

architecture pour une équipe homogène de drones, tandis que le réseau de drones multicouches est plus adapté à plusieurs groupes de drones hétérogènes.

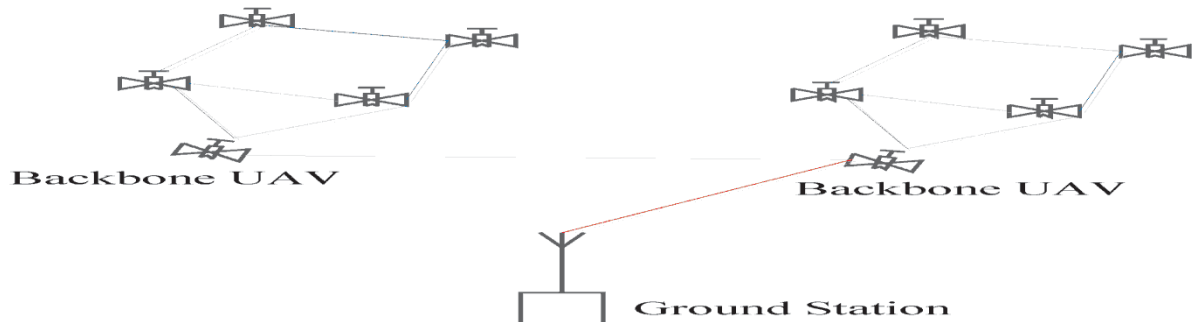


Figure I.11 : Un réseau UAV multi couche

3. Caractéristiques :

Mobilité des nœuds :

Dans la mobilité des nœuds, le degré est supérieur à MANET. L'UAV a une vitesse de 30-460 km / h, et cette vitesse cause le problème de communication entre les UAV.

Modèles de mobilité

Dans de nombreux modèles de mobilité, le plan de vol est prédéterminé et à chaque étape, il y a un changement, un nouveau calcul pour la carte à lieu. D'autres modèles utilisent des vitesses et des directions aléatoires pour les UAV.

Topologie de réseau

En terme de topologie, FANET est un réseau distribué, Peer to Peer et à connexion multiple. Les nœuds se connectent "à la volée" selon le principe "les uns avec les autres". Cette topologie permet d'élargir la zone d'achèvement des tâches par la diffusion de données en continue (jusqu'à 24 heures sur 24) en remplaçant successivement ou progressivement des UAV.

Par ailleurs, lorsqu'un ou plusieurs UAVs sont désactivés intentionnellement ou non, FANET permet une amélioration de la survie du réseau en réorganisant automatiquement la topologie du réseau.

Consommation électrique et durée de vie du réseau

La durée de vie du réseau est une question importante pour le réseau, qui consiste en des dispositifs informatiques alimentés par batterie. Le

matériel de communication utilisé dans les FANET est alimenté par la source d'énergie UAV elle-même. Dans ce cas, les conceptions FANET peuvent ne pas être sensibles à la puissance, contrairement aux applications MANET. Mais cela reste un problème dans les mini-UAV.

Localisation

La localisation signifie la localisation de chaque UAV. En raison de la vitesse élevée et des changements fréquents de lieu, il est nécessaire de disposer d'informations de localisation élevées avec de faibles intervalles de temps. En utilisant le GPS, les informations sur les nouveaux emplacements seront transmises au réseau toutes les secondes, ce qui est insuffisant. Par conséquent, chaque UAV doit contenir une unité de mesure initiale pour diffuser son emplacement à tous les UAV du réseau à tout moment.



Chapitre II
Les Protocole de routage
pour les FANETs

1. Introduction

Les FANET (réseaux ad hoc volants) sont apparus, qui sont un type de configuration de réseau ad hoc composé de véhicules aériens sans pilote (UAV). Les UAV sont chargés de surveiller une zone spécifique en capturant des images et en les envoyant à une station au sol de base dans un processus connu sous le nom de communication UAV-sol.

La plupart des appareils mobiles ont un temps de vol moyen d'environ 30 minutes en raison de la capacité limitée de la batterie. Ce fait tire la conclusion suivante : un nœud, avec une charge de batterie faible, cessera de faire partie du réseau aérien en raison de sa « mort », obligeant le réseau à se configurer automatiquement, à se restructurer et à réorganiser sa topologie, en évitant les dommages qui pourraient affecter le sans fil aérien. La communication. Pour cette raison, il est nécessaire de déterminer et/ou de prédire quels appareils ont une faible autonomie de vol ou sont proches de l'incapacité, afin de minimiser les impacts sur la qualité de la communication.

2.les protocoles de routage :

1-Routage Basé sur la topologie

a-Protocoles de routage proactifs :

Les protocoles de cette catégorie sont basés sur les algorithmes classiques d'état de liens et de vecteur de distance. Les protocoles de routage proactifs essaient de maintenir les meilleurs chemins existants vers

Toutes les destinations possibles au niveau de chaque nœud du réseau. Les routes sont sauvegardées même si elles ne sont pas utilisées. La mise à jour permanente des tables de routage, est assurée par un échange continu des messages de mise à jour des chemins. Lorsqu'un nœud reçoit un paquet de contrôle, il met à jour ses tables de routages. Ainsi, de nouvelles routes seront construites sur la base des informations topologiques transportées par les trames de contrôle. Ce processus est déclenché aussi à chaque changement de topologie pour reconstruire à nouveau les routes.

Les protocoles basés sur ce principe sont entre autre : DSDV, WRP, OLSR

b- Protocoles de routage réactifs :

Les protocoles de routage réactifs, dits aussi : protocoles de routage à la demande, représentent les protocoles les plus récents proposés dans le but d'assurer le service du routage dans les réseaux sans-fils. 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. Les protocoles de routage proactifs engendrent un trafic très important ce qui conduit, souvent, à la saturation rapide du réseau. Pour y remédier, les protocoles réactifs évitent au maximum les inondations qui consomment beaucoup de ressources

Les protocoles basés sur ce principe sont entre autre : DSR, AODV

c-Les protocoles de routage 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 protocoles hybrides on peut citer le protocole ZRP

2- Routage Basé sur la position (routage géographique) :

Cette classe de protocoles de routage repose sur la connaissance des positions géographiques que chaque nœud est capable de la définir. Nous notons que pour calculer la position de la destination, le nœud peut utiliser un service de localisation tel que le service de localisation réactive (RLS), le service de localisation réseau (GLS), le service de localisation hiérarchique (HLS) ou le Système de positionnement global (GPS). Ce type de routage

est le plus approprié pour les réseaux très dynamiques tels que les FANET. Les protocoles peuvent être classés en trois catégories: (i) protocoles de routage non-DTN, (ii) protocoles de routage DTN et (iii) protocoles de routage hétérogènes.

Les protocoles Non Tolérant aux retards (Non-DTN) fonctionnent plus efficacement sur des réseaux bien connectés où la densité de nœuds est relativement élevée, car il ne tient pas compte du problème de la déconnexion.

L'objectif principal de ces protocoles est de transmettre le plus rapidement possible les paquets de données au destinataire en utilisant la technique du saut multiple via les nœuds dans le cas où le destinataire ne se trouve pas dans la plage de transmission de l'expéditeur. Deux catégories sont distinguées: (i) routage à base réactive et (ii) routage à base de glouton.

La première catégorie doit avoir le chemin complet vers la destination cible sur la base de chemins de routage préalablement établis à la demande. Cependant, la remise des données peut échouer en cas de déconnexion si le réseau devient mal connecté. Par conséquent, les protocoles réactifs doivent appliquer leurs stratégies de récupération pour remédier à ces défaillances.

Les protocoles Tolérant aux retards (DTN) sont destinées à traiter les problèmes techniques des réseaux souffrant de déconnexions récurrentes, telles que les FANET, en raison du degré élevé de mobilité des nœuds. Cela entraîne une distorsion des chemins de routage construits progressivement vers la destination cible. Dans la plupart des cas, cette catégorie de protocoles utilise la technique de stockage différé lorsqu'ils perdent la connectivité avec d'autres nœuds afin de transmettre les paquets vers la destination cible. Cette technique bien connue permet aux nœuds de stocker les paquets de données pour une distance jusqu'à ce qu'ils rencontrent d'autres nœuds, et de transmettre les paquets en se basant sur certaines métriques aux nœuds voisins. Cette technique diminue considérablement les frais généraux car elle n'utilise pas de paquets de contrôle.

Cependant, cela augmente le délai de transmission puisque les paquets de données transitent en fonction des mouvements des nœuds.

Les protocole de Routage Hétérogènes maintiennent l'interaction au sol entre les UAV et différents types de nœuds, qu'ils soient fixes ou mobiles. De

nombreux avantages sont fournis par l'utilisation de cette architecture. Dans un premier temps, il peut étendre la couverture du sous-réseau situé au sol. De plus, les nœuds fixes au sol peuvent fournir un réseau fédérateur fiable et une bande passante supérieure pour permettre la distinguée selon que les informations sont partagées entre les nœuds et l'objectif de l'échange de données. Par exemple, dans les réseaux VANET, les drones peuvent aider les nœuds au sol à améliorer la robustesse et la fiabilité de la transmission des données. De plus, les UAV peuvent être utilisés en une seule équipe pour accomplir certaines tâches ou être utilisés en tant que capteurs pour différentes applications.

Selon la technique utilisée pour le forwarding, on peut distinguer les protocoles FANET basé sur la prédiction et ceux basés sur le Greedy.

Il existe plusieurs formes de techniques de prévision pour la fourniture de données utilisées dans les FANET. Le plus populaire, le premier, est la prédiction basée sur la localisation géographique, la direction et la vitesse, pour prédire la position future d'un nœud donné. Tous ces paramètres peuvent donner des informations précises sur le prochain emplacement du nœud relais ce qui diminue considérablement les pertes de paquets et parfois même le délai de bout en bout entre deux nœuds en communication. La figure 13 représente une technique de prévision basée sur la future localisation géographique d'un prochain nœud relais.

En tant que stratégie de transmission dans un protocole de routage classique basé sur la position FANET, la technique greedy est fréquemment utilisé pour la livraison de paquets de données. Cette technique vise à minimiser le nombre de sauts jusqu'à la destination cible et, par conséquent, le retard de livraison et la distance parcourue.

3-Routage Hiérarchique :

Des protocoles de routage hiérarchique ont été proposés pour les réseaux ad hoc afin de leur imposer une topologie hiérarchique.

Le réseau est décomposé en plusieurs groupes, chaque groupe a un nœud responsable du groupe et communique avec les autres groupes à travers un nœud passerelle.

Le nœud responsable du groupe collecte et agrège les données et vérifie si les données collectées ne sont pas redondante. Cela permet d'économiser l'énergie en minimisant le nombre de messages transmis à la destination.

Chaque nœud dans un groupe doit pouvoir communiquer directement avec le responsable. Si un nœud veut communiquer avec un autre se trouvant sur un autre groupe,

La communication passera d'abord par le nœud responsable puis par la passerelle pour aller vers d'autres groupes jusqu'à ce que le groupe où se trouve le nœud destinataire soit atteint.

3. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les protocoles de routage dans les réseaux FANETs. On a commencé par une introduction sur le routage suivi par les protocoles de routage et leurs classifications

Chapitre III

Analyse de performance des protocoles de routage pour Fanet.

1. Introduction :

Après avoir défini les FANET, leur structure et leurs différents types, nous aborderons dans cette partie l'application des protocoles de routage dans ces réseaux et une comparaison entre eux pour connaître le protocole efficace. Cette comparaison sera entre les protocoles AODV et DSDV qui ont été définis précédemment à l'aide de l'émulateur OMNET ++ version 5.6.1 et fournissant plusieurs scénarios différents.

2. La simulation :

La simulation informatique, ou simulation numérique, est une série de calculs effectués sur un ordinateur et reproduisant un phénomène physique. Elle aboutit à la description du résultat de ce phénomène, comme s'il s'était réellement déroulé. Cette représentation peut être une série de données, une image ou même un film vidéo.

Un simulateur peut réagir à des modifications de paramètres et modifier ses résultats en conséquence. Un simulateur de vol, par exemple, modifie la trajectoire calculée de l'avion en fonction des commandes transmises par l'utilisateur.

Une simulation numérique peut représenter des phénomènes physiques complexes dont la description repose sur un modèle mathématique comportant des équations aux dérivées partielles. L'ordinateur résout alors ces équations numériquement en utilisant la méthode des éléments finis.

3. Les outils utilisés :

Omnet++ (simulateur réseaux):

OMNeT++ est une bibliothèque et un Framework de simulation C++ extensible, modulaire et basé sur des composants, principalement pour la construction de simulateurs de réseau. « Réseau » est entendu dans un sens plus large qui inclut les réseaux de communication câblés et sans fil, les réseaux sur puce, les réseaux de file d'attente, etc. Les fonctionnalités spécifiques à un domaine telles que la prise en charge des réseaux de capteurs, des réseaux ad hoc sans fil, des protocoles Internet, de la modélisation des performances, des réseaux photoniques, etc., sont fournies par des cadres modèles, développés en tant que projets indépendants. OMNeT++ offre un IDE basé sur Eclipse, un environnement d'exécution graphique et une foule d'autres outils. Il existe des extensions pour la simulation en temps réel, l'émulation de réseau, l'intégration de base de données, l'intégration System C et plusieurs autres fonctions. OMNeT++ est distribué sous licence publique académique.

Inet (Framework) :

INET Framework est une bibliothèque de modèles open source pour l'environnement de simulation OMNeT++. Il fournit des protocoles, des agents et d'autres modèles pour les chercheurs et les étudiants travaillant avec des réseaux de communication. INET est particulièrement utile lors de la conception et de la validation de nouveaux protocoles ou de l'exploration de scénarios nouveaux ou exotiques.

INET contient des modèles pour la pile Internet (TCP, UDP, IPv4, IPv6, OSPF, BGP, etc.), les protocoles de couche de liaison filaire et sans fil (Ethernet, PPP, IEEE 802.11, etc.), la prise en charge de la mobilité, les protocoles MANET, DiffServ, MPLS avec signalisation LDP, plusieurs modèles d'application et de nombreux autres protocoles et composants.

4. Description des protocoles AODV et DSDV :

4.1 Le protocole AODV (Ad hoc On demand Distance Vector) :

Définition

AODV «Ad hoc On-Demand Distance Vector» a été conçu comme une amélioration de DSDV. Il s'agit d'un protocole de routage réactif, C'est le premier protocole qui a été normalisé par le groupe MANET.

La route retenue est une route bidirectionnelle et correspond au chemin le plus court (nombre de sauts minimal) entre la source et la destination. Chaque nœud maintient une table de routage comportant les informations suivantes :

- Identifiant de la destination
- Identifiant du prochain nœud tout au long de cette destination.
- Le nombre de nœud jusqu'à cette destination.

Les types de messages :

Nous distinguons quatre types de message de routage qui peuvent être utilisés :

- RREQ Route Request : un message de demande de route.
- RREP Route Reply : un message de réponse à un RREQ.
- RERR Route Error : un message qui signale la perte d'une route

0									1									2									3												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Type									J	R	G	D	U	Reserved									Hop Count																
RREQ ID																																							
Destination IP Address																																							
Destination Sequence Number																																							
Originator IP Address																																							
Originator Sequence Number																																							

Figure III.1 : Le format de message RREQ

0									1									2									3												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Type									R	A	Reserved									Prefix Sz									Hop Count										
Destination IP address																																							
Destination Sequence Number																																							
Originator IP address																																							
Lifetime																																							

Figure III.2 : Le format de message RREP

0									1									2									3												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Type									Reserved									Hop Count																					
Unreachable Destination IP Adress (1)																																							
Unreachable Destination Sequence Number (1)																																							
Additional Unreachable Destination IP Addresses (if needed)																																							
Additional Unreachable Destination Sequence Numbers (if needed)																																							

Figure III.3 : Le format de message RRER

Fonctionnement :

Lorsqu'un nœud désire envoyer des paquets à une destination donnée avec AODV, il commence par vérifier qu'il n'a pas de route disponible dans sa table de routage. Si ce n'est pas le cas, il va initier une recherche de route grâce à un paquet Route Request (RREQ) pour localiser le nœud destinataire. Ce paquet est diffusé à ses voisins (next hop). Les nœuds qui reçoivent ce paquet RREQ regardent s'ils ont une route disponible vers le destinataire dans leur table de routage. Si ce n'est pas le cas, ils rediffusent à leur tour le paquet RREQ à leurs propres voisins et en gardent une trace. Grâce à l'utilisation de numéros de séquence sur les paquets, ceci permet d'éviter les problèmes de bouclage à l'infini. Les paquets RREQ se diffusent ainsi dans tout le réseau. Lorsqu'un tel paquet atteint le nœud destinataire ou un nœud qui dispose d'une route vers ce destinataire, alors un paquet de réponse (RREP) est généré par ce nœud et envoyé par le chemin inverse, grâce aux informations gardées dans les caches des nœuds traversés par les RREQ. Lors du passage du paquet RREP, chaque mobile touché va mettre à jour sa table de routage en gardant l'identité

du mobile suivant dans la route construite pour le destinataire concerné. Quand un lien devient invalide, tout nœud expédiant à travers celui-ci est informé par un paquet Route Error RERR avec une métrique égale à l'infini. Ce qui conduit au lancement d'une opération de découverte de route. Pour la mise à jour des routes, le protocole AODV exige des messages HELLO toutes les secondes. Un lien est considéré invalide si trois messages HELLO consécutifs ne sont pas reçus (à travers ce même lien).

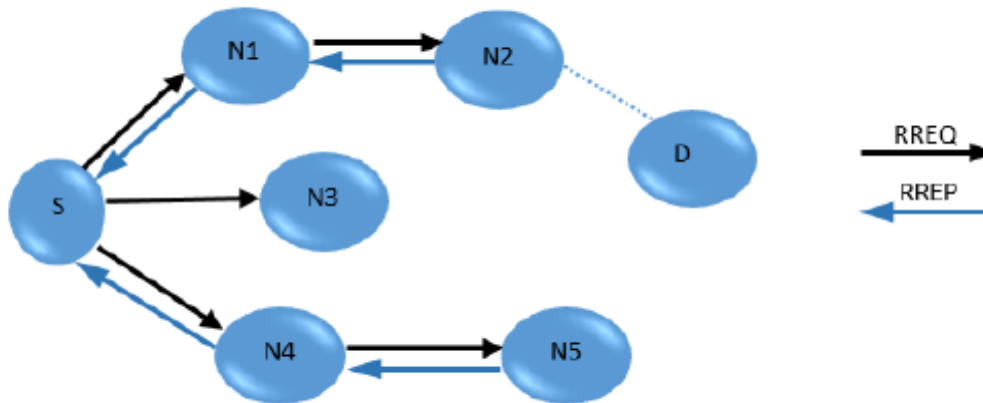


Figure III.4 : Processus de découverte de chemin AODV

Les avantages :

- établir à la demande
- la séquence de destination est utilisée pour trouver le dernier chemin vers la destination
- le délai d'établissement de la connexion est inférieur

Les inconvénients :

- Il n'existe pas de format générique messages, Chaque message à son propre format : RREQ, RREP, RERR (surcharge de paquet de contrôle).

4.2. Le protocole DSDV (Destination Séquence-Distance Vector):

Définition:

DSDV (Dynamic destination-Sequenced Distance Vector) est un protocole de routage proactif basé sur l'algorithme distribué de Bellman-Ford, qui utilise les vecteurs de distance.

Chaque station maintient une table de routage contenant toutes les destinations qu'elle peut atteindre et le coût (en nombre de saut) pour atteindre la destination, ainsi qu'un numéro de séquence lié à chaque destination dont le but est d'éviter la formation de boucle de routage. Cette table est constituée par l'intégration des données de mise à jour émises par chaque station. Ces mises à jour s'effectuent en fonction du temps, ou en fonction d'événements liés à une modification de la topologie du réseau (lien rompu, nouvelle station, etc.). Elles se font soit de manière incrémentale (les seules données qui ont changé par rapport à la dernière mise à jour), soit intégralement (la table toute entière), ceci selon l'importance des modifications constatées.

Fonctionnement:

Chaque nœud émet périodiquement sa table de routage courante contenant pour chaque destination une distance (nombre de sauts, ou autre métrique), un vecteur (prochain saut) et le plus grand numéro de séquence connu. Cette table inclut le numéro de séquence de l'émetteur (car il est une destination par rapport aux autres) qui est incrémenté à chaque nouvelle émission. À la réception de ce message, si le numéro de séquence reçu est plus grand que celui correspondant à l'entrée de la table de routage, le récepteur met à jour son entrée de table en désignant comme vecteur le nœud émetteur et en incrémentant la distance reçue de 1. Si le numéro de séquence reçu est égal à celui correspondant à l'entrée de la table de routage et la distance après incrémentation est plus petite, le récepteur met à jour son entrée de table de routage. Si un nœud détecte une défaillance de lien, il met la distance de chaque destination routée via ce lien à une valeur infinie et incrémente les numéros de séquences associés à ces entrées. Puisque le numéro de séquence de chaque destination a augmenté, le changement va se propager dans le réseau, ainsi chacune de ces destinations sera déconnectée du réseau jusqu'à ce qu'elle génère un nouveau message de routage contenant un nouveau numéro de séquence.

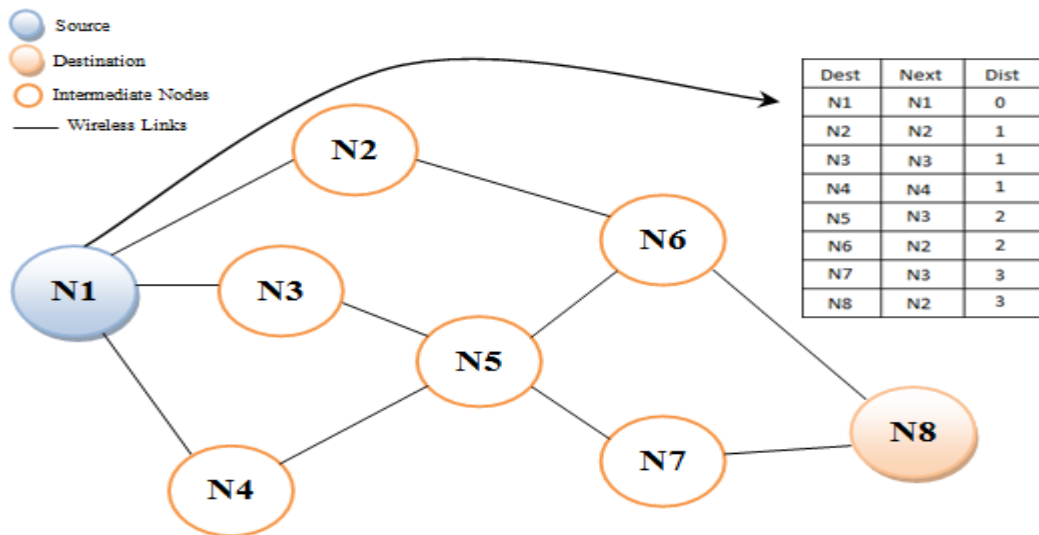


Figure III.5 : Exemple de protocole DSDV

Les avantages :

- les routes sont disponibles immédiatement lors du besoin. Ainsi l'avantage d'un tel protocole est le gain de temps lors d'une demande de route.

Les inconvénients

- DSDV nécessite des mises à jour régulières des tables de routage qui nécessitent un gaspillage de ressources (batterie et bande passante) même lorsque le réseau est inactif. En outre, pour les nœuds sont capables de se reconnaître, DSDV il y a « utilisation de balise-message et « bonjour paquet ».
- Pour chaque mise à jour à envoyer, vous aurez un nouveau numéro de séquence.

5. Métriques de la simulation

Il existe un grand ensemble de métriques sur la base desquelles nous pouvons mesurer la performance des protocoles de routage. Dans ce qui suit les critères utilisés pour notre simulation de FANET :

- **Packet Delivery Ratio (PDR)** : le nombre de paquets qui ont été livrés avec succès à destination. e rapport entre le nombre de paquets reçus à la destination et le nombre de paquets envoyés depuis la source. Les performances sont meilleures lorsque le taux de livraison des paquets est élevé

$$PDR = \frac{\text{Nombre de paquets reçus}}{\text{Nombre de paquets envoyés}}$$

- **End-To-End Delay (sec)** : Il s'agit du délai moyen pour les paquets de données du nœud source au nœud de destination. Pour connaître le délai de bout en bout, la différence de temps d'envoi et de réception des paquets a été stockée, puis en divisant la différence de temps totale par le nombre total de paquets reçus, on a obtenu le délai moyen de bout en bout pour les paquets reçus. Les performances sont meilleures lorsque le délai de bout en bout des paquets est faible.
- **Consommation d'énergie (joules)**: (Energy Balance) C'est l'énergie consommée par un nœud du réseau. Vu que les nœuds mobiles sont alimentés par des sources d'énergie autonomes, il est intéressant de savoir comment elle est consommée cette énergie des uns par rapport aux autres dans les mêmes conditions. . Les performances sont meilleures lorsque la quantité d'énergie consommée est faible

6. Etude de performances des deux protocoles :

Pour notre travail, on à deux scénarios nous avons utilisé les paramètres de simulation et de configuration suivants :

Paramètres	Valeur
Taille de paquet de donnés	512 Octets
Système d'exploitation	Windows 8.1pro
Le simulateur	OMNeT++ V 5.6.1
Type de modèle de mobilité :	-Linear Mobility -Circul Mobility
La dimension de la topologie	2000m* 2000m
La Vitesse	200m/s
Type de MAC layer	CsmaCaMac
Nombres de Nœuds	2, 4, 6, 8,10

Tableau III.1 : Les paramètres utilisés dans les scénarios.

6.1. Scénario 1:

Dans ce scénario, le temps de simulation est 500s .Nous fixons toutes les paramètres et changeons a chaque fois le nombre de nœuds dans les deux types de mobilités

Packet Delivery Ratio (PDR):

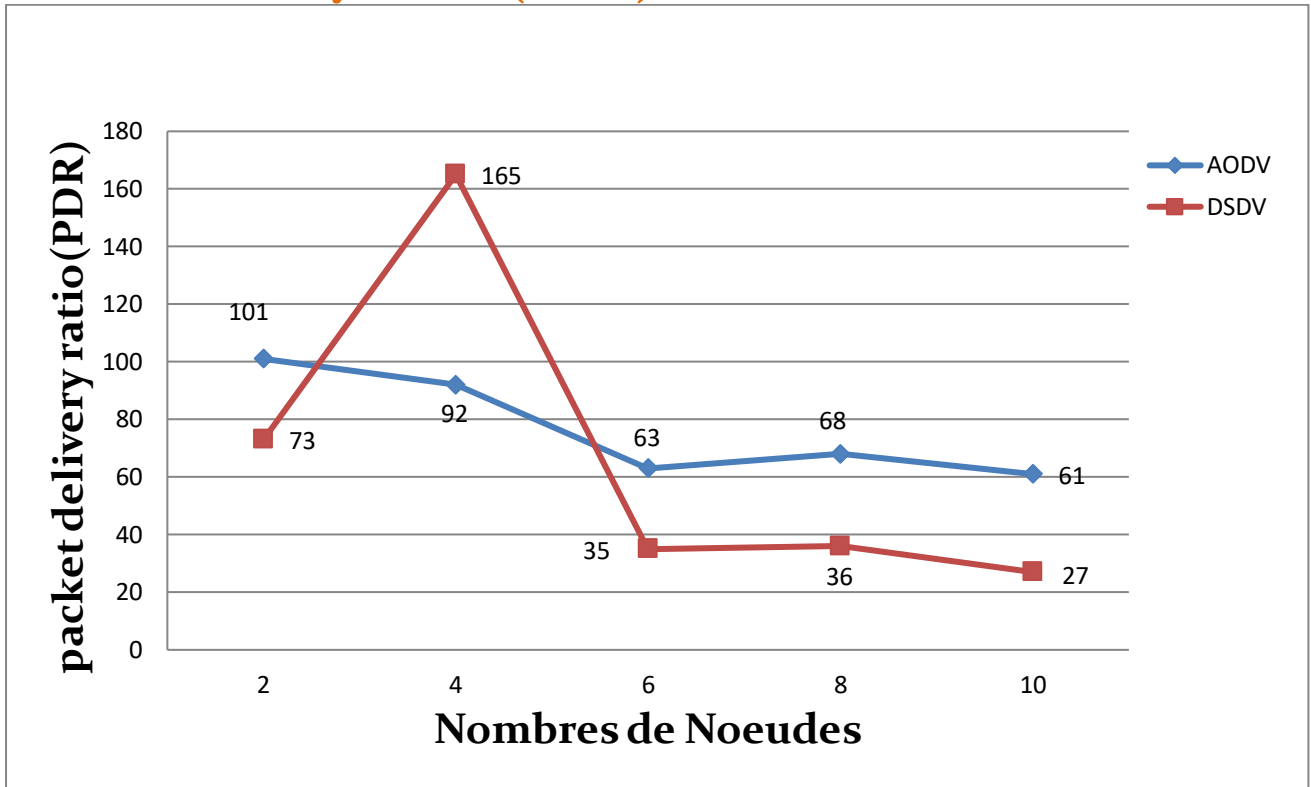


Figure III.6 :Packet Delivery Ratio vs. Nombres de Nœuds (Linear Mobility)

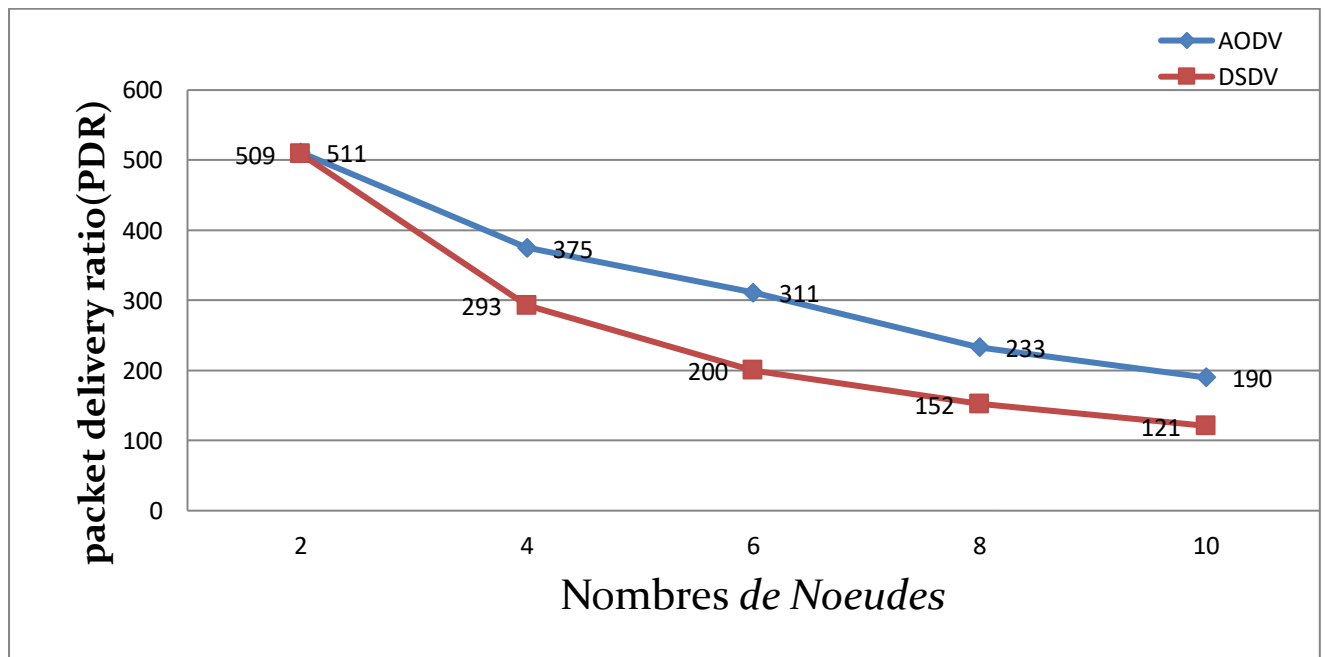


Figure III.7: Packet Delivery Ratio vs. Numbers de Nœuds (Circular Mobility)

End-to-End Delay (EED):

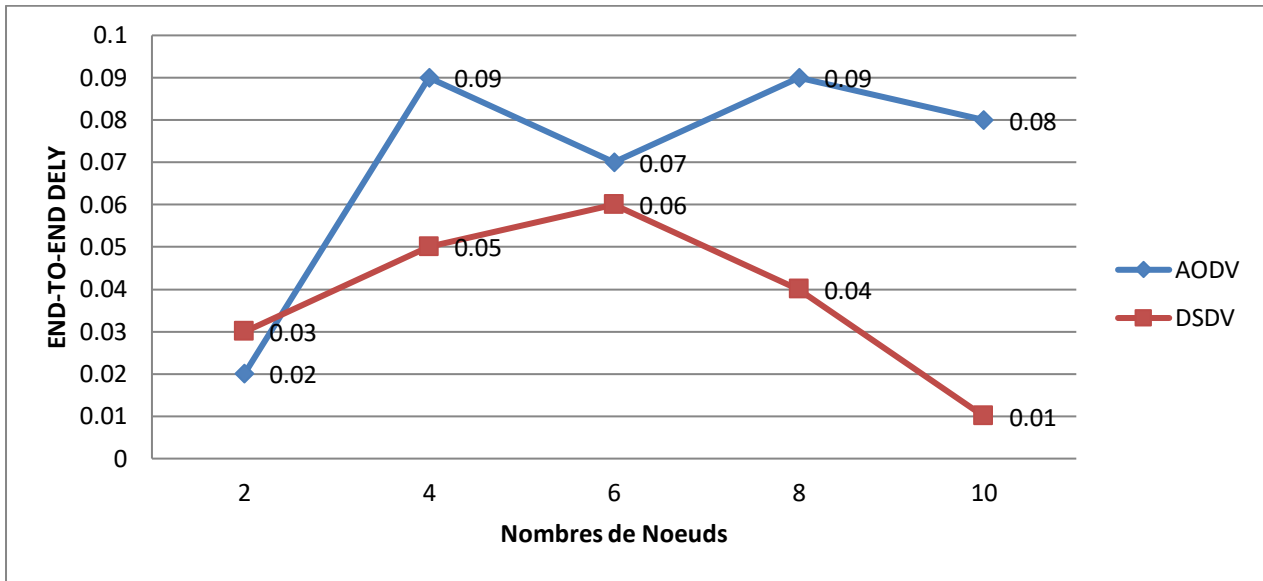


Figure III.8: END-TO-END DELY vs. Numbers de Nœuds (Linear Mobility)

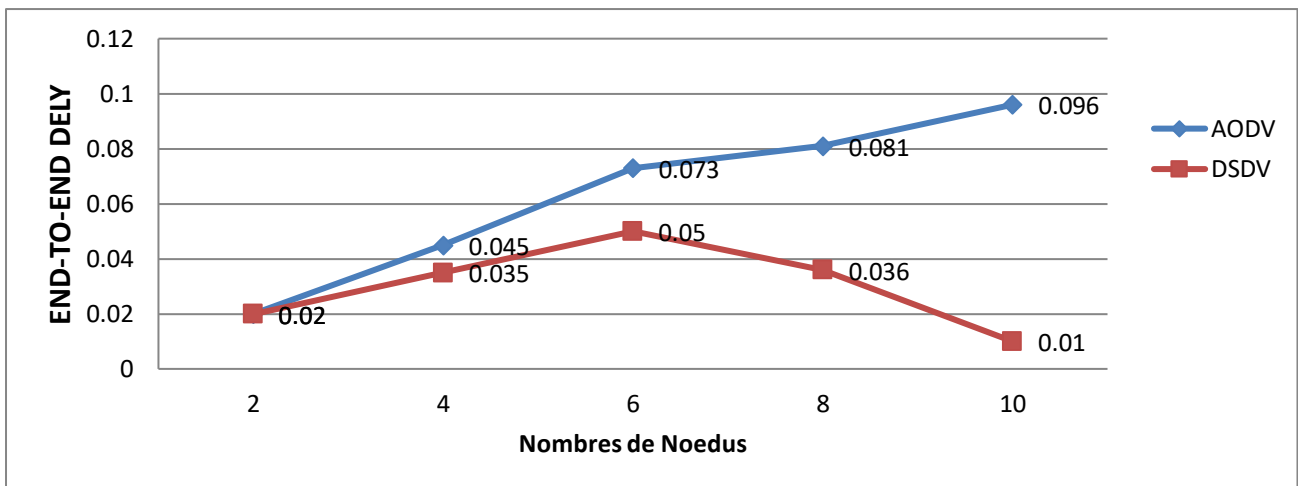


Figure III.9: END-TO-END DELY vs. Numbers de Nœuds (Circular Mobility)

Consommation d'énergie (Energie Balance) :

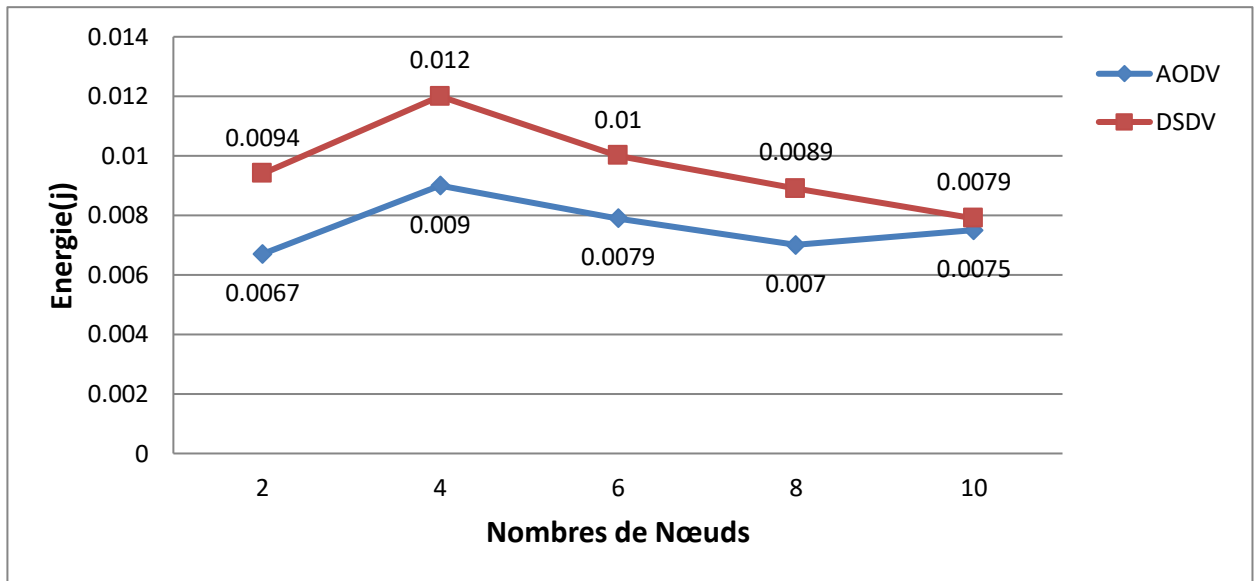


Figure III.10: Energie vs. Nombres de Nœuds (Linear Mobility)

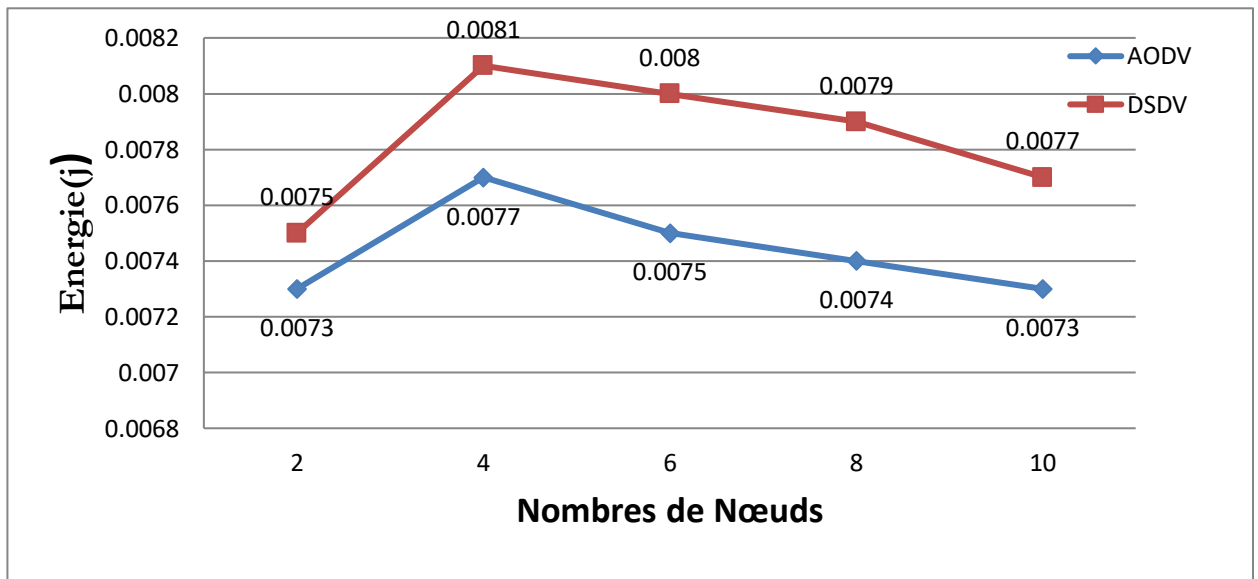


Figure III.11: Energie vs. Nombres de Nœuds (Circular Mobility)

Discussion:

- Les figures Figure III.6 et Figure III.7 montrent que le protocole de routage AODV donne de meilleurs résultats que DSDV en termes de PDR sur les deux modèles de mobilité. Sauf dans le modèle de mobilité (Linear Mobility), le protocole DSDV donne des résultats mieux que le protocole AODV dans le Nombre de nœuds est 4.
- Les figures Figure III.8 et Figure III.9 montrent que la performance du protocole DSDV est mieux que AODV car il fournit généralement moins de résultats, sauf dans Figure III.8 où le nombre de nœuds égale a deux, alors AODV est meilleur.
- Les figures Figure III.10 et Figure III.11 montrent que Les drones consomment moins d'énergie lors de l'utilisation du protocole de routage AODV par rapport DSDV

6.2. Scénario 2:

Dans ce scénario, le nombre de nœuds est fixe (10 nœuds), Nous fixons toutes les paramètres et changeons a chaque fois le temps de simulation dans les deux types de mobilités

Packet Delivery Ratio (PDR):

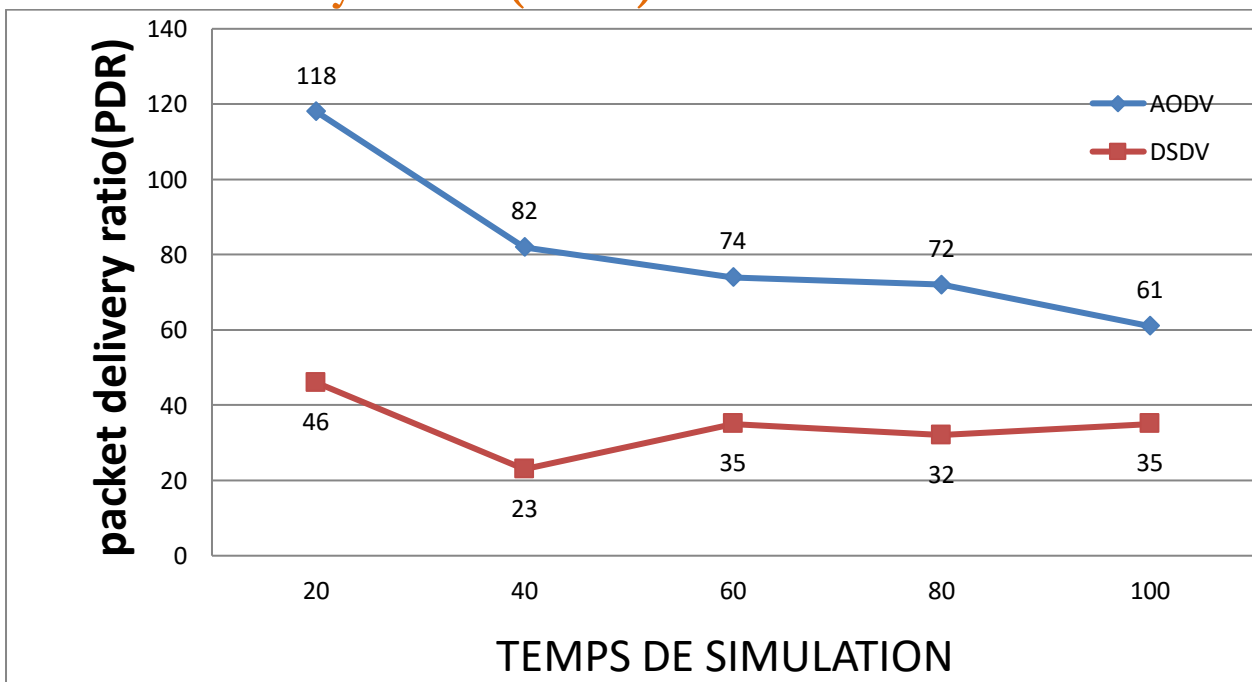


Figure III.12: Packet Delivery Ratio vs. Temps de simulation (Linear Mobility)

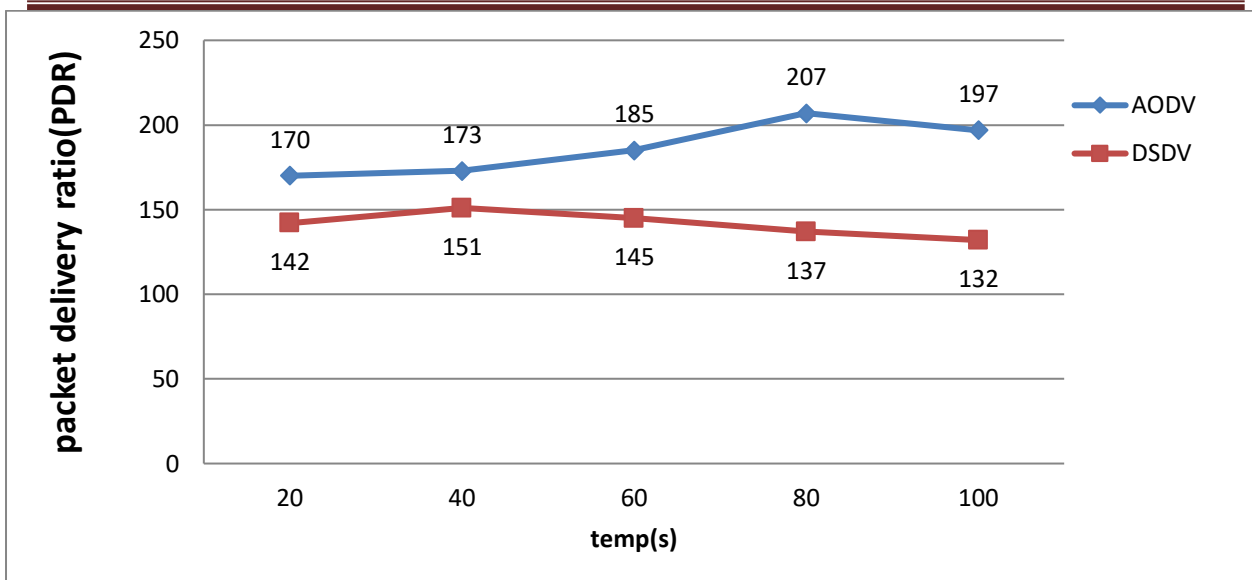


Figure III.13: Packet Delivery Ratio vs. Temps de simulation (Circular Mobility)

End-to-End Delay (EED):

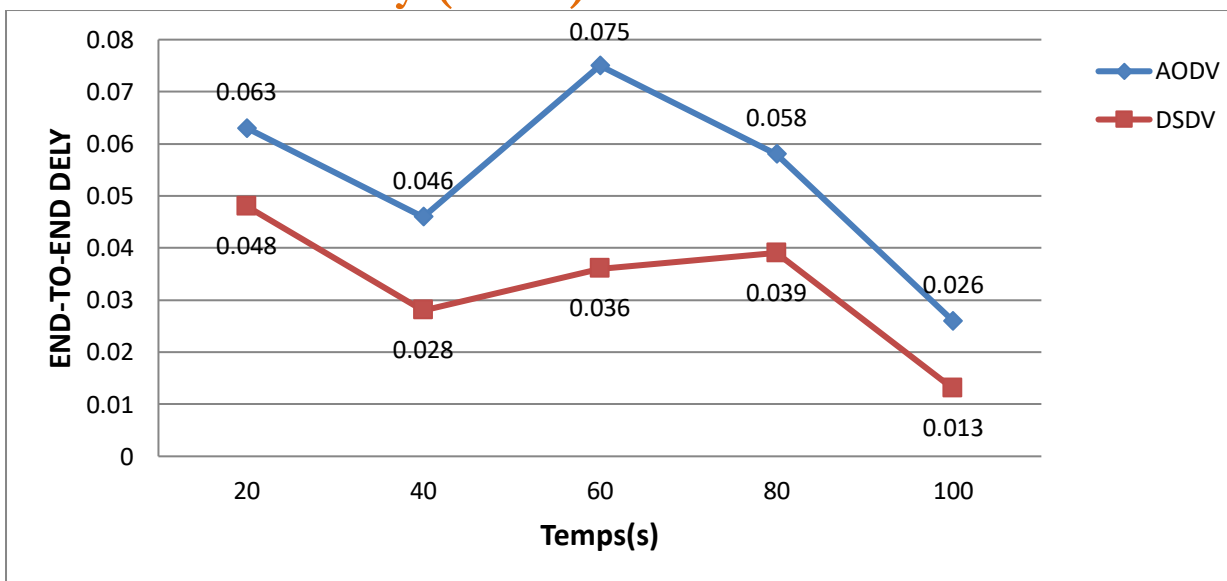


Figure III.14: END-TO-END DELY vs. Temps de simulation (Linear Mobility)

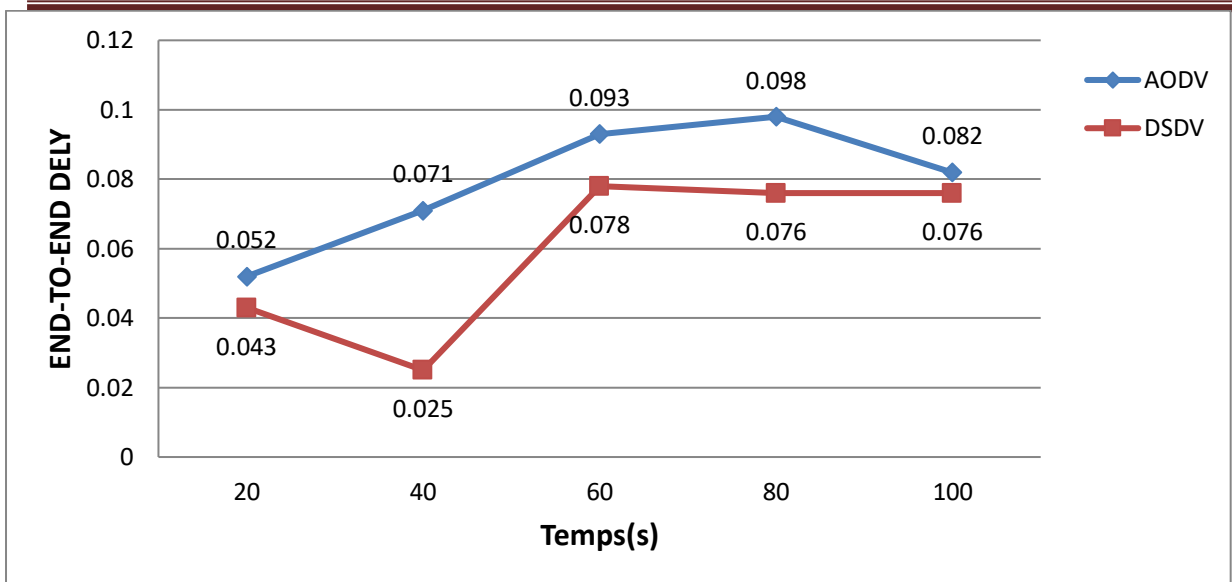


Figure III.15 : END-TO-END DELAY vs. Temps de simulation (Circular Mobility)

Consommation d'énergie (Energie Balance) :

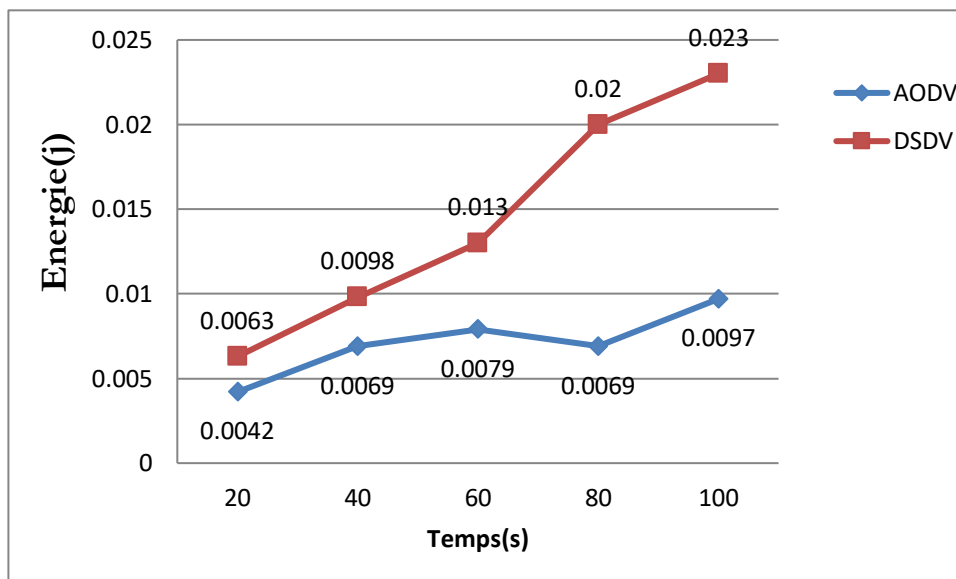


Figure III.16: Energie vs. Temps de simulation (Linear Mobility)

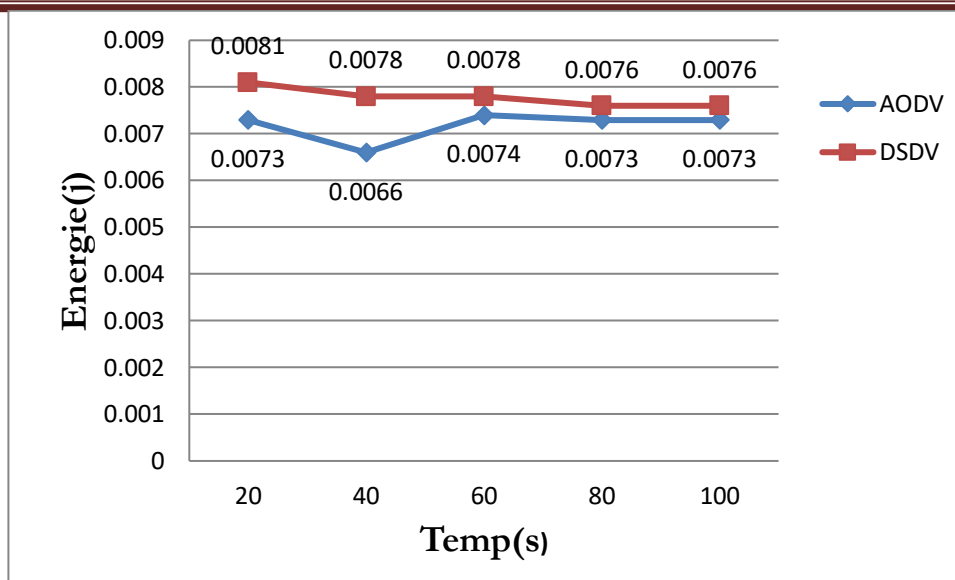


Figure III.17: Energie vs. Temps de simulation (Circul Mobility)

Discussion :

D'après les Figures (Figure III.12, Figure III.13, Figure III.14 Figure III.15, Figure III.16, Figure III.17)

À travers les figures suivantes, nous concluons que le protocole AODV offre de meilleures performances pour PDR et Consommation d'énergie, tandis que le protocole DSDV excelle dans le métrique END-TO-END Delay

7. Conclusion :

Notre but, à travers les simulations effectuées était de tester les performances de notre approche "Simulation d'un réseau FANET avec OMNET++" en spécifiant deux protocoles à comparer l'AODV et l'DSDV.

Dans ce chapitre nous avons pu déceler quelques écarts entre les deux protocoles simulés AODV et DSDV ainsi que d'autres entre les types de protocoles proactifs et réactifs. Ces écarts sont loin d'être exhaustifs par rapport à la réalité de ces protocoles divers et variés.

Toutefois, dans tous les scénarios simulés, nous observons la différence entre le mode de fonctionnement de ces protocoles. Cependant, nous remarquons toujours la performance de certains résultats par rapport aux autres.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au cours de ce mémoire, notre objectif est la comparaison des deux protocoles de routages, le protocole réactif AODV et le protocole prédictif DSDV dans les réseaux FANET, après avoir définie les réseaux FANET, ainsi leur caractéristiques (topologie dynamique, bande passante limitée, contraintes d'énergie, . . . etc.). Et on a constaté que leur rôle prometteur dans une grande zone d'opérations avec des missions compliquées. Pour la région raisonnablement isolée du sol et pour accomplir des tâches complexes.

A travers notre étude des différents protocoles de routage qui existent, en précisant le réactif AODV et le proactif DSDV, nous avons vu que ces protocoles utilisent une variété de techniques afin de résoudre le problème de routage dans l'environnement des réseaux FANETs à l'aide du simulateur OMNET++ 5.6.1 qui nous a permet de comparer entre ces deux protocoles en se basant sur des paramètres d'évaluation. Parmi ces paramètres, on cite : le délai de bout en bout, Consommation d'énergie.....

Perspectives

Durant les deux phases de notre étude théorique et pratique, nous nous sommes vite rendu compte que le domaine de recherche dans les réseaux sans fils est tout jeune et qu'il a un long chemin à parcourir. Plusieurs groupes scientifiques s'intéressent à ce type de réseaux qui promet beaucoup pour l'avenir. Plus spécialement les protocoles de routage attirent de plus en plus les simulateurs afin de combiner les meilleurs atouts de chacun d'eux en un seul. Après notre étude théorique nous avons sélectionné des propriétés afin de les simuler et trouver les écarts entre les algorithmes de routage.

Ce travail de préparation des simulations nécessite beaucoup de recherche et de développements. Notre modeste contribution a besoin d'être élargie avec des simulations sur d'autres paramètres. De nouvelles métriques de comparaisons sont à envisager pour mieux accentuer les différences. Les études de simulations sur un seul protocole auquel on apporte des changements sur son algorithme de routage pourraient nous révéler de nouvelles particularités. Ainsi, nous allons permettre aux algorithmes de progresser et les réseaux sans fils de voir de nouveaux terrains d'applications.

Bibliographie & Références

Références & Bibliographie

- [1]- Bécaye DIOUM, “Effets de la mobilité sur les protocoles de routage dans les réseaux ad hoc “, Université MOULOUD MAMMARI de TIZI OUZOU
- [2]-<https://www.semanticscholar.org/paper/R%C3%A9seaux-de-capteurs-pour-applications-de-suivi-Gavilanes-Gabriel/351504a04c9aedf075f7279508fdb59d50048e4> date 04/05/2022, heur 21 : 14
- [3]-<https://fr.acervolima.com/applications-du-reseau-ad-hoc-et-ses-problemes> date 01/04/2022, heur 14 : 04.
- [4]- Fatima AMEZA, “Les technologies sans fil: Le routage dans les réseaux ad hoc (OLSR et AODV) “, Université de Bejaia
- [5]-<https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Reseau-de-capteurs-sans-fil.html> date 04/04/2022, heur 23 : 07
- [6]-<https://www.informatique-mania.com/linternet/ad-hoc-reseau> date 01/04/2022, heur 18 : 30
- [7]-<https://doc.omnetpp.org/omnetpp/manual/#sec:ana-sim:omnetpp-result-file-format> date 12/03/2022, heur 10 : 50
- [8]-<https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2019/8709249> date 14/04/2022, heur 20 : 05
- [9]-<https://www.geeksforgeeks.org/introduction-of-mobile-ad-hoc-network-manet> date 29/03/2022, heur 00 : 38
- [10]-<https://www.igi-global.com/dictionary/fanet/60626> date 15/04/2022, heur 01 : 00
- [11]-<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128618311034> date 24/04/2022, heur 21 :30
- [12]-<https://fr.wiki567.com/995201-ad-hoc-mode-DQSNSV> date 21/05/2022, heur 13 : 07
- [13]-Serait Maamar, Aouragh Lamia, Guettala Leila, Bilami Azeddine “Etude des Performances des Protocoles de Routage dans les Réseaux Mobiles Ad-Hoc “, Université El Hadj Lakhdar - Batna
- [14]-Mirar Youcef Djettou, Brahim Khalil “Étude des Réseaux Ad hoc par la Théorie des Jeux“, UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ-BOUIRA
- [15]-ABDERRAHIM Radjae, ABDELLI Amel “Simulation d’un réseau MANET avec OPNET“, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMEN

- [16]-TAHAR ABBES Mounir, "Proposition d'un protocole à économie d'énergie dans un réseau hybride GSM et AD HOC", Université Oran
- [17]-https://catalogue-biblio.univ-setif.dz/opac-science/index.php?lvl=notice_display&id=10379
- [18]-BOUZIDI Maroua, "Les réseaux ad-hoc de drones (FANET) ", Université Ferhat ABBAS Sétif1
- [19]-V.Albert. "Support de cours en: Modélisation et simulation des systèmes complexes". Université Paul Sabatier, Toulouse, France,
- [20]-F.KAISSER."Thèse de doctorat: communications dans les réseaux fortement dynamiques, école doctorale sciences et technologies de l'information des télécommunications et des systèmes". Université de paris sud11,