

Chapitre 2

Le routage dans les réseaux de mobile ad hoc

2.1.Introduction :

Le routage est un mécanisme clé des réseaux Ad-Hoc. Le routage (routing) est le mécanisme d'ouverture et d'entretien d'une communication entre deux nœuds. Il est donc très important d'avoir un protocole de routage efficace si on veut tirer parti du potentiel des réseaux Ad-hoc. L'opération est alors supportée par la source, le destinataire et relais supportant l'échange.

Dans un premier temps, la source doit trouver le chemin jusqu'au destinataire. Elle peut s'appuyer sur une connaissance préalable du chemin ou demander à d'autres entités un chemin partiel ou complet. Si la source a une information incomplète sur le chemin vers la destination, une chaîne de relais peut se créer jusqu'à joindre le destinataire.

Trouver un chemin n'est qu'une partie du problème, il faut pouvoir assurer la stabilité des communications car la mobilité des nœuds peut entraîner de nombreuses reconfigurations des chemins. Ainsi, durant la communication, l'ensemble des relais d'une communication va changer plus ou moins fréquemment.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les classes les plus connues de protocoles de routage : proactifs, réactifs, et hybrides. Nous allons exposer ensuite, un ensemble d'exemples de protocoles pour chaque classification mentionnée précédemment.

2.2.Les réseaux de mobile ad hoc :

2.2.1.Définition Un réseau mobile ad hoc :

Un réseau mobile Ad hoc, appelé généralement MANET (Mobile Adhoc NETwork) peut être défini comme une collection d'entités mobiles interconnectées par une technologie sans fil, formant un réseau temporaire, sans l'aide de toute administration, que ce soit pour sa configuration ou pour sa gestion. Les MANETs sont des réseaux, à peine initialisés, capables en un temps très court de communiquer indépendamment de leur localisation [12].

2.2.2. Modélisation :

Un réseau ad hoc peut être modéliser par un graphe $G_t = (V_t, E_t)$. Où : V_t représente l'ensemble des nœuds (i.e. les unités ou les hôtes mobiles) du réseau et E_t modélise l'ensemble les connections qui existent entre ces nœuds. Si $e = (u,v) \in E_t$, cela veut dire que les nœuds u et v sont en mesure de communiquer directement à l'instant t . La figure suivante représente un réseau ad hoc de 10 unités mobiles sous forme d'un graphe [12]:

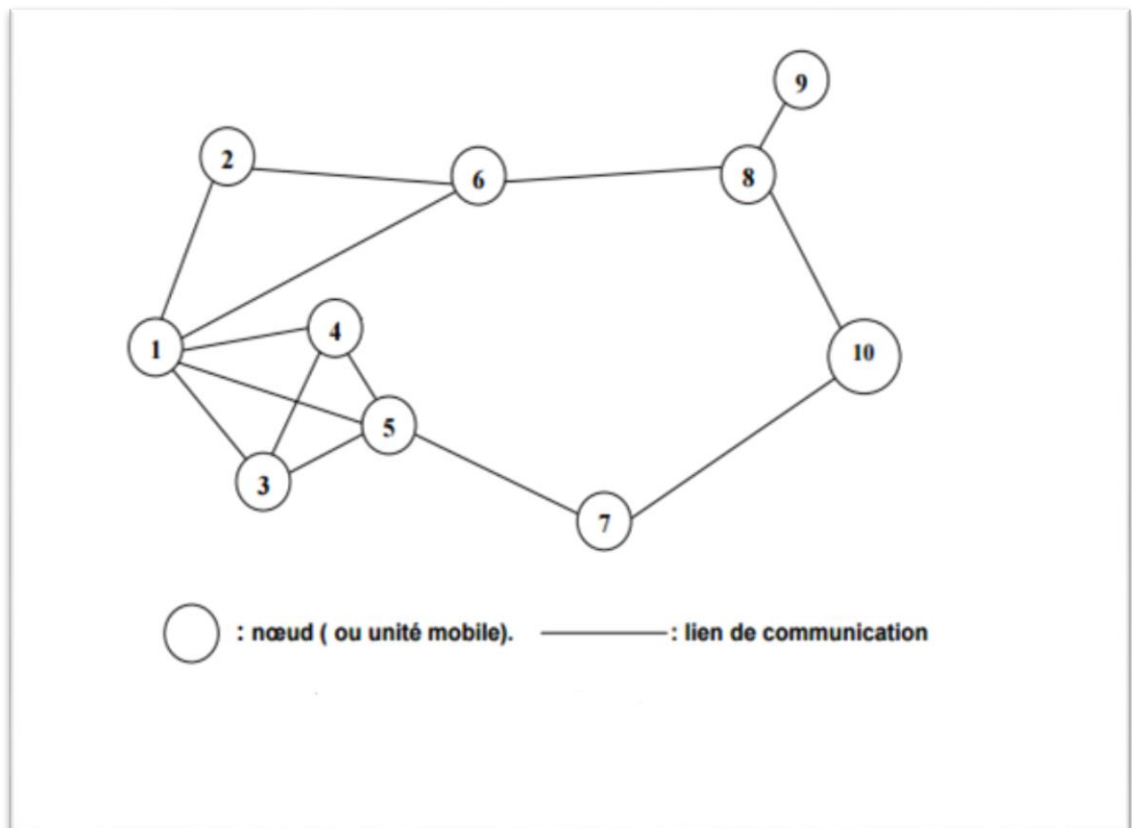


Figure 2.1 : La modélisation d'un réseau ad hoc

2.2.3. Les caractéristiques des réseaux Ad Hoc :

Les réseaux ad hoc sont caractérisés principalement par :

Une topologie dynamique : La topologie des réseaux ad hoc change rapidement, et aléatoirement, ceci est causée par la mobilité arbitraire des nœuds du réseau. Le changement de la topologie change les routes entre les nœuds et provoque la perte de

paquets. La (figure 2.2) illustre la topologie d'un réseau ad hoc avant et après le déplacement d'un nœud.

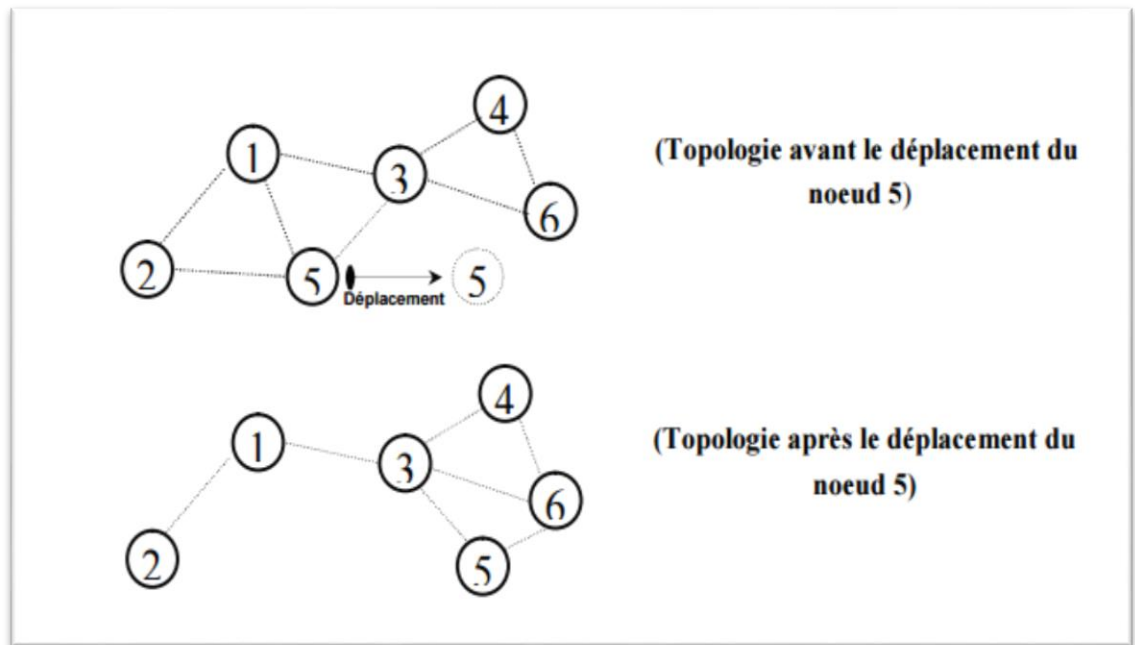


Figure 2.2 : Changement de la topologie d'un réseau ad hoc

Une Bande passante limitée : Une Bande passante limitée : Les nœuds dans les réseaux ad hoc utilisent une technologie de communication sans fil, malgré des progrès très importants la bande passante reste modeste comparée aux technologies des réseaux filaires.

Des contraintes d'énergie : Les nœuds mobiles dans les réseaux ad hoc sont alimentés par des sources d'énergie autonomes comme les batteries ou les autres sources consommables, la consommation d'énergie devient alors un problème important.

Absence d'infrastructure : Les réseaux ad hoc ne dépendent d'aucune infrastructure préétablie, ceci rend la gestion du réseau plus complexe.

2.2.4. Les applications des réseaux Ad Hoc :

Les réseaux ad hoc sont rapides et faciles à déployer, ils sont particulièrement intéressants pour les applications militaires ou l'installation d'infrastructure fixe est souvent impossible, 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.

- **L'informatique embarquée** : dans des véhicules communiquant par exemple.
- **Les entreprises** : dans le cadre d'une réunion ou d'une conférence.
- **Les gares et aéroports** : pour la communication et la collaboration entre les membres du personnel.

D'une façon générale, les réseaux ad hoc sont utilisés dans toute application où le déploiement d'une infrastructure réseau fixe est trop contraignant, soit parce qu'il est difficile à mettre en place, soit parce que la durée d'installation du réseau ne le justifie pas [13].

2.2.5. La communication dans les réseaux Ad Hoc :

Les signaux envoyés par les interfaces sans fil s'atténuent au fur et à mesure qu'ils s'éloignent de leur émetteur, un nœud dans les réseaux ad hoc ne peut donc pas communiquer avec un autre s'il est situé trop loin de lui, il doit alors passer par des nœuds intermédiaires pour atteindre la destination désiré . La figure 2.3 illustre la topologie d'un réseau ad hoc composé de cinq nœuds (A,B,C,D,E) , si le nœud A veut communiquer avec le nœud D qui n'est pas dans sa portée de transmission, il doit passer par les nœuds intermédiaires B et E, on parle alors de communication « Multi-saut » ou « Multi-hop ».

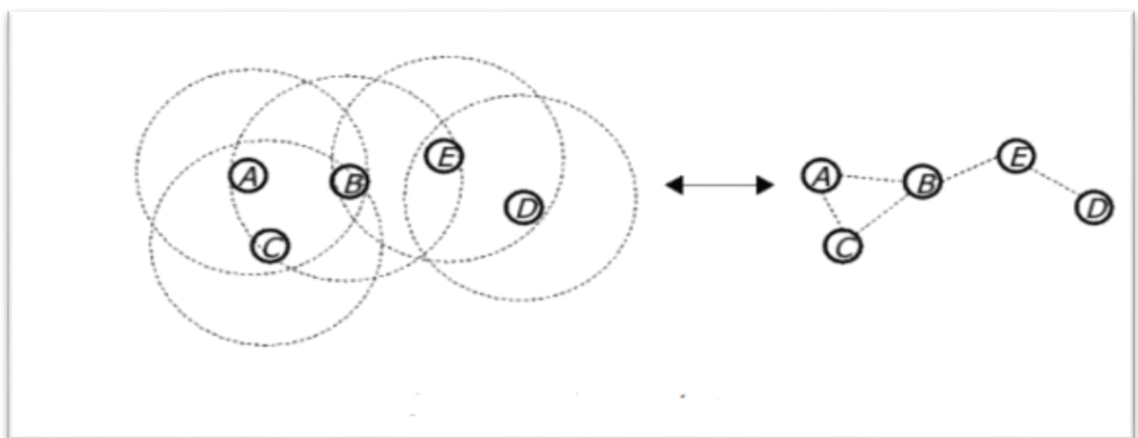


Figure 2.3 : deux nœuds dans un réseau ad hoc

Dans la figure (2.3) le nœud B peut communiquer directement avec les nœuds A, C et E, ces nœuds sont dit : « Voisins ». En générale un paquet dans le réseau ad hoc doit traversé plusieurs nœuds avant d'atteindre sa destination.

La technique la plus basique pour réaliser une communication entre un nœud source et un nœud destination dans les réseaux ad hoc est l'inondation, ou le nœud source va transmettre les paquets à tous les nœuds voisins, chaque nœud mobile réémet a son tour les paquets qu'il reçoit à ses voisins jusqu'à ce qu'ils arrivent à la destination. L'inondation consomme beaucoup de ressources (bande passante et énergie) et n'est pas adapté pour les réseaux ad hoc[13].

2.2.6.Les Avantage des réseaux ad hoc :

Les avantages de cette technologie sont nombreux du fait qu'il n'y a pas besoin d'infrastructure préexistante :

- les réseaux ad hoc peuvent être déployés dans un environnement quelconque ;
- le coût d'exploitation du réseau est faible : aucune infrastructure n'est à mettre en place initialement et surtout aucun entretien n'est à prévoir ;
- le déploiement d'un réseau ad hoc est simple : ne nécessite aucun pré requis puisqu' il suffit de disposer d'un certain nombre de terminaux dans un espace pour créer un réseau ad hoc, et rapide puisqu' il est immédiatement fonctionnel dès lors que les terminaux sont présents ;
- la souplesse d'utilisation : est un paramètre très important puisque les seuls éléments pouvant tombés en panne sont les terminaux eux mêmes. Autrement dit, il n'y a pas de panne "pénalisante" de manière globale (une station qui sert au routage peut être remplacée par une autre si elle tombe en panne).

2.2.7.Les Inconvénients des réseaux ad hoc :

Même si les perspectives pour les réseaux ad hoc sont prometteuses, plusieurs contraintes restent encore à traiter :

- la connectivité limite les possibilités de communication. Ainsi, deux stations ne sont joignables que s'il existe un ensemble de stations pouvant assumer la fonction de routeur afin de faire suivre les paquets de données échangées entre les deux stations.

- les liens entre les stations ne sont pas isolés les uns des autres et polluent le voisinage, par diffusion, lors de chaque émission/réception de données. Par conséquent, tout paquet de diffusion émis vers une station en cours de communication (que le paquet lui soit destiné ou pas) va altérer la communication de cette station. La diffusion est un facteur qui alourdit aussi d'autres paramètres tels que la bande passante et la consommation de batterie ;
- la sécurité dans les réseaux ad hoc est difficile à contrôler, notamment parce que dans l'interface air l'écoute clandestine est très simple à réaliser [14].

2.3. Protocole de routage:

2.3.1.Définition du routage :

Le routage est une méthode d'acheminement des informations à la bonne destination à travers un réseau de connexion donné. Le problème de routage consiste à déterminer un acheminement optimal des paquets à travers le réseau au sens d'un certain critère de performance. Le problème consiste à trouver l'investissement de moindre coût en capacités nominales et de réserves qui assure le routage du trafic nominal et garantit sa survabilité en cas de n'importe quelle panne d'arc ou de nœud.

Exemple :

Si on suppose que les coûts des liens sont identiques, le chemin indiqué dans la figure suivante est le chemin optimal reliant la station source et la station destination. Une bonne stratégie de routage utilise ce chemin dans le transfert des données entre les deux stations [12].

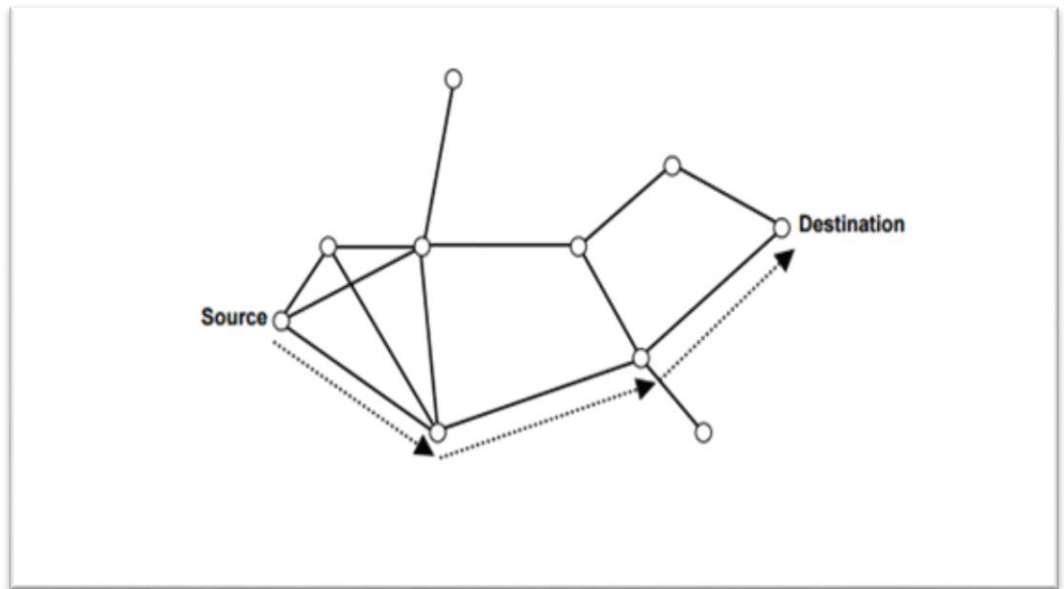


Figure 2.4 : le chemin utilisé dans le routage entre la source et la destination

2.3.2.L'objectif du protocole du routage :

L'objectif principal des protocoles de routage est l'établissement et la maintenance des chemins, pour que les données soient correctement délivrées dans le réseau. La conception des protocoles de routage pour les MANETs est loin d'être un problème simple.

De nouvelles approches de routage sont nécessaires pour effectuer un routage de données sûr et efficace [15].

L'instabilité du médium de communication sans fil, la limitation d'énergie et de la bande passante, ainsi que la mobilité des nœuds introduisent plus de difficulté et de complexité à la conception des protocoles de routage pour les MANETs.

Nous expliquerons, dans la section suivante, les propriétés requises pour les protocoles de routage dans les MANETs.

2.3.3.Les protocoles de routage dans les réseaux Ad-hoc :

Les protocoles de routage dans les réseaux Ad-hoc sont fondés sur les principes fondamentaux du routage, qui sont : l'inondation, le vecteur de distance, le routage à la source et l'état de lien. Deux grandes catégories de protocoles se sont formées à partir de la normalisation de MANET. Les protocoles de routage proactifs qui établissent les routes à l'avance et les protocoles de routage réactifs qui cherchent les routes à la demande.

D'autres classes sont à citer à savoir les protocoles de routage hybrides (mélange de réactifs et proactifs), géographiques, hiérarchique, à qualité de service et multicast.

2.3.4. Classification des protocoles de routages :

La figure ci-dessous présente une classification des protocoles de routage pour réseaux Ad-hoc qui peuvent être classés en deux grandes classes suivant la manière de création et de maintenance de routes lors de l'acheminement des données [16] :

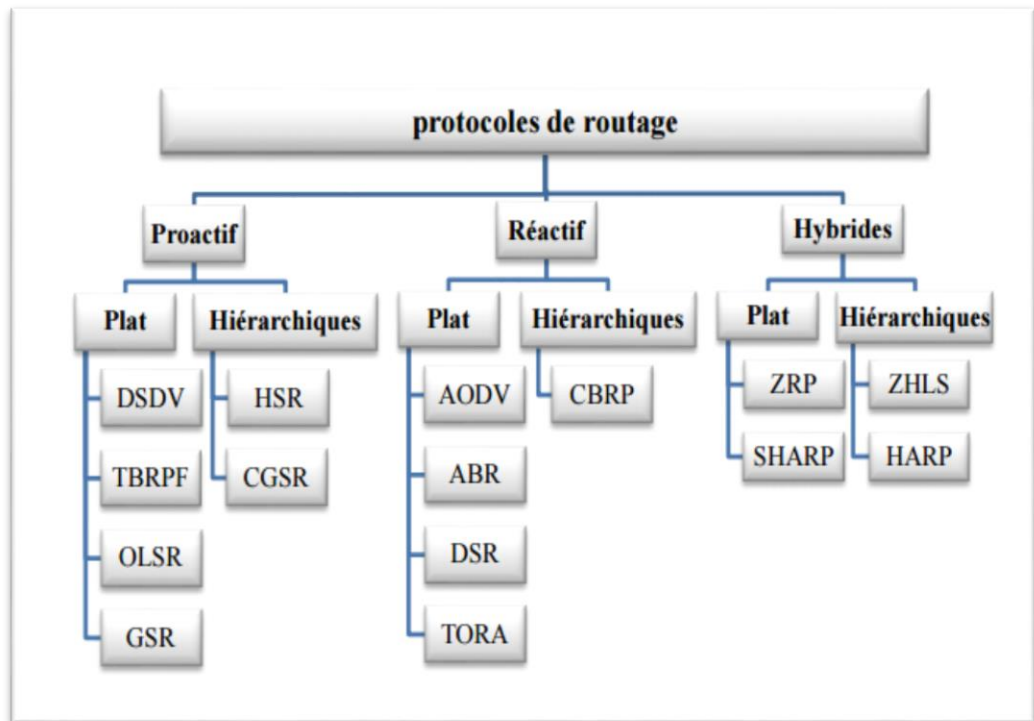


Figure 2.5 : Classification des protocoles de routage MANET

2.3.4.1. Les protocoles de routage proactifs :

Les protocoles de routage proactifs essaient de maintenir les meilleurs chemins existants vers toutes les destinations possibles (qui peuvent représenter l'ensemble de tous les nœuds du réseau) au niveau de chaque nœud du réseau. Les routes sont sauvegardées même si elles ne sont pas utilisées. La sauvegarde permanente des chemins de routage, est assurée par un échange continu des messages de mise à jour des chemins. Le plus abouti de ces protocoles est OLSR.

Avec un protocole proactif, les routes sont disponibles immédiatement ; ainsi, l'avantage d'un tel protocole est le gain de temps lors d'une demande de route. Mais, les changements de routes peuvent être plus fréquents que la demande de route, et le trafic

induit par les messages de contrôle et de mise à jour des tables de routage peuvent être important et partiellement inutile, ce qui gaspille la capacité du réseau sans fil. De plus, la taille des tables de routage croît linéairement en fonction du nombre de nœuds.

2.3.4.2. Les protocoles de routage réactifs :

Les protocoles de routage réactifs (ou 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 fil.

La majorité des solutions proposées pour résoudre le problème de routage dans les réseaux ad hoc, et qui sont évaluées par le groupe de travail MANET de l'IETF, appartiennent à cette classe de protocoles de routage.

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. Actuellement, le plus connu de ces protocoles est AODV.

A l'opposé des protocoles proactifs, dans le cas d'un protocole réactif, aucun message de contrôle ne charge le réseau par des routes inutilisées, ce qui permet de ne pas gaspiller les ressources du réseau. Mais la mise en place d'une route par inondation peut être coûteuse et provoquer des délais importants avant l'ouverture de la route et les retards dépassent bien souvent les délais moyens admis par les logiciels, aboutissant ainsi à une impossibilité de se connecter alors que le destinataire est bien là.

2.3.4.3. Les protocoles de routage hybrides :

Les protocoles hybrides combinent les deux idées : celle des protocoles proactifs et celle des protocoles réactifs. Ils utilisent un protocole proactif pour avoir des informations sur les voisins les plus proches (au maximum les voisins à deux sauts). Au-delà de cette zone prédéfinie, le protocole hybride fait appel aux techniques des protocoles réactifs pour chercher des routes.

Ce type de protocoles s'adapte bien aux grands réseaux, cependant, il cumule aussi les inconvénients des protocoles réactifs et proactifs en même temps (messages de

contrôle périodique, le coût d'ouverture d'une nouvelle route). Plusieurs protocoles hybrides existent dont le CBRP et le ZRP (Zone Routing Protocol) [17].

2.3.5. Présentations du Quelques protocoles de routage pour les réseaux ad hoc :

Le routage dans les réseaux Ad-hoc constitue, avant tout, un moyen pour router les données dans le réseau de façon efficace. Il faut donc économiser la bande passante, ressource rare en radio, ainsi de minimiser au maximum le nombre de collision. Il est également indispensable de concevoir des protocoles efficaces dans les cas, où le nombre de participants et leurs mobilités respectivement. Un protocole doit répondre généralement à un certain nombre de contraintes. Il faut donc quantifier le comportement de chaque protocole face à ces différents critères.

On va présenter dans cette section des exemples de protocoles existants pour chaque classification.

2.3.5.1. Le protocole de routage DSDV :

DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) [18] est l'un des premiers protocoles mis au point par le groupe MANET. Il s'agit d'un protocole de routage proactif orienté destination (plus connu sous le nom de distance Vector protocol) basé sur l'algorithme distribué de Bellman-Ford [12]. Ce type de protocole suppose que tous les nœuds du réseau disséminent une copie de leur vecteur de distance (distance Vector), c'est-à-dire, de leur table de routage. Le vecteur de distance associé à un nœud de réseau indique les autres nœuds du réseau qui lui sont accessibles et le nombre de sauts nécessaires pour atteindre ces nœuds.

Chaque nœud maintient dans sa table de routage un ensemble d'information pour chaque destination, contenant :

- L'adresse du destinataire.
- Le nombre de sauts pour l'atteindre.
- Le numéro de séquence associé au nœud destinataire.

La principale amélioration apportée par rapport à DBF (Distributed Bellman-Ford) est l'utilisation de numéros de séquence permettant aux nœuds mobiles de faire

la distinction entre une nouvelle route et une ancienne. La suppression des paquets de contrôle dont l'information de routage est déjà connue permet d'éviter qu'un paquet ne tourne en boucle dans le réseau.

Les mises à jour des tables de routage sont envoyées périodiquement dans le réseau afin de maintenir la consistance des tables.

2.3.5.2.Le protocole de routage DSR :

DSR (Dynamics Source Routing) [19] est un protocole réactif. Il se différencie des autres en particulier parce qu'il pratique la source routing : l'émetteur précise dans l'en-tête de chaque paquet la liste des nœuds qu'il devra traverser pour atteindre sa destination.

Ce type de routage présente certains avantages particulièrement intéressants, il autorise en particulier la source à conserver dans sa table de routage plusieurs chemins valides vers une même destination. Le choix du chemin emprunté pourra donc être fait indépendamment pour chaque paquet, et permettre un meilleur équilibrage de la charge du réseau ou une meilleure réactivité aux changements de topologie. Dans la pratique, DSR est structuré en deux sous-parties complémentaires : La recherche de route et la maintenance de route.

La recherche de route se fait par inondation : un paquet de recherche est diffusé de proche en proche jusqu'à la destination. Au fur et à mesure, les identifiants des nœuds traversés sont ajoutés dans le paquet de recherche de route.

Quand elle reçoit ce paquet, la destination sait donc déjà quel chemin il a emprunté, et obtient ainsi (en l'inversant) la route pour retourner à la source. A la réception, les paquets de recherche ayant suivi des chemins différents, la destination répond sur les chemins inverses, et la source aura finalement plusieurs chemins valides pour l'atteindre.

2.3.5.3.Le protocole de routage ZRP :

- Protocole de routage ZRP : ZRP signifie "Protocole de zone de routage" " Zone Routing Protocol". Le protocole de routage ZRP est un modèle hybride entre un schéma proactif et un schéma réactif. Il est basé sur deux procédures : le

protocole de routage intrazone, nommé IARP et le protocole de routage interzone, nommé IERP.

IARP est utilisé uniquement à l'intérieur de la zone de routage. Cette zone est définie pour chaque nœud et comporte une taille de rayon correspondant à une valeur de nombre de saut.

IERP est responsable d'établir des liens avec les nœuds situés dans l'interzone [20].

2.5.Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre un état de l'art sur les classifications des protocoles et les caractéristiques spécifiques à chaque classe, ainsi nous avons présenté quelques protocoles de routage de chaque classe.

Dans le chapitre suivant nous présenterons en détaille le protocole AODV, qui est l'objectif de notre travail.