

Chapitre 3

Présentation du protocole AODV

3.1.Introduction :

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 fil.

AODV est représentatif de diverses techniques et est le plus avancés sur la voie d'une normalisation appartiennent à une famille réactif, il utilise un mécanisme de diffusion (broadcast) dans le réseau pour découvrir les routes valides.

Le protocole AODV fait le sujet principal de ce chapitre. On montre les paquets de contrôle utilisés par le protocole ainsi que sa table de routage et son mécanisme de fonctionnement en tant que découverte de la route et maintenance des routes.

3.2.Principe de fonctionnement :

Le protocole "Routage avec Vecteur de Distance à la Demande" (AODV : Ad hoc Ondemand Distance Vector) est un algorithme de routage conçu par Charles E. Perkins et Elizabeth M. Royer [21]. Il est adapté aux réseaux de topologie fortement dynamique et est basé sur le routage de vecteur de distance.

Le protocole AODV minimise sensiblement le nombre de diffusions de messages en créant le chemin à la demande, c'est-à-dire qu'il ne construit de route entre nœuds que lorsqu'elle est demandée par un nœud source, ce nœud la maintient durant le temps qu'il en fait usage. De plus, le routage se fait nœud à nœud et le protocole utilise le principe des numéros de séquence permettant aux nœuds d'utiliser les routes les plus fraîches. L'établissement et le maintien des routes sont assurés par l'échange de différents types de messages :

Route Request : "J'ai besoin d'une route", message diffusé à tous les nœuds voisins par une source désirant envoyer des paquets de données vers une destination. Format général d'un RREQ :

@ Source	Num. seq. source	Broadcast	@ Destination	Num. seq. destination	Nombre de sauts
----------	------------------	-----------	---------------	-----------------------	-----------------

Route Reply : “Annoncer la route”, une fois la destination reçoit le RREQ, elle répond par un RREP comme accusé de réception, chemin inverse de RREQ. Format général d’un RREP :

@ Source	@ Destination	Num. seq. destination	Nombre de sauts	Life time
----------	---------------	-----------------------	-----------------	-----------

Hello message : “Vous êtes là?”, message diffusé périodiquement vers le nœud immédiatement voisin pour voir s’il est encore là, s’il n’y a pas de message Hello qui arrive d’un nœud particulier, le voisin suppose que ce nœud est déplacé et marque ce lien comme interrompu.

Route Error : “Annuler la route”, message envoyé par un nœud lorsqu’il détecte que la liaison avec son voisin est rompue (route invalide).

Les procédures d’établissement et de maintenance de route sont :

- Découverte de route (Path Discovery).
- Création de route inverse (Reverse Path Setup).
- Acheminement de RREP (Forward Path Setup).
- Maintenance de route (Path Maintenance).
- Gestion de la connectivité locale (Local Connectivity Management).

Ainsi, le mécanisme de routage du protocole AODV repose sur le principe suivant : "échanger des paquets de routage bien précis pour trouver une route et puis la maintenir durant son utilisation". Chaque nœud à la réception d'un paquet de routage doit apporter les modifications nécessaires à sa table de routage et puis décider ce qu'il doit en faire. L'établissement d'une route suit un cycle Requête/ Réponse.

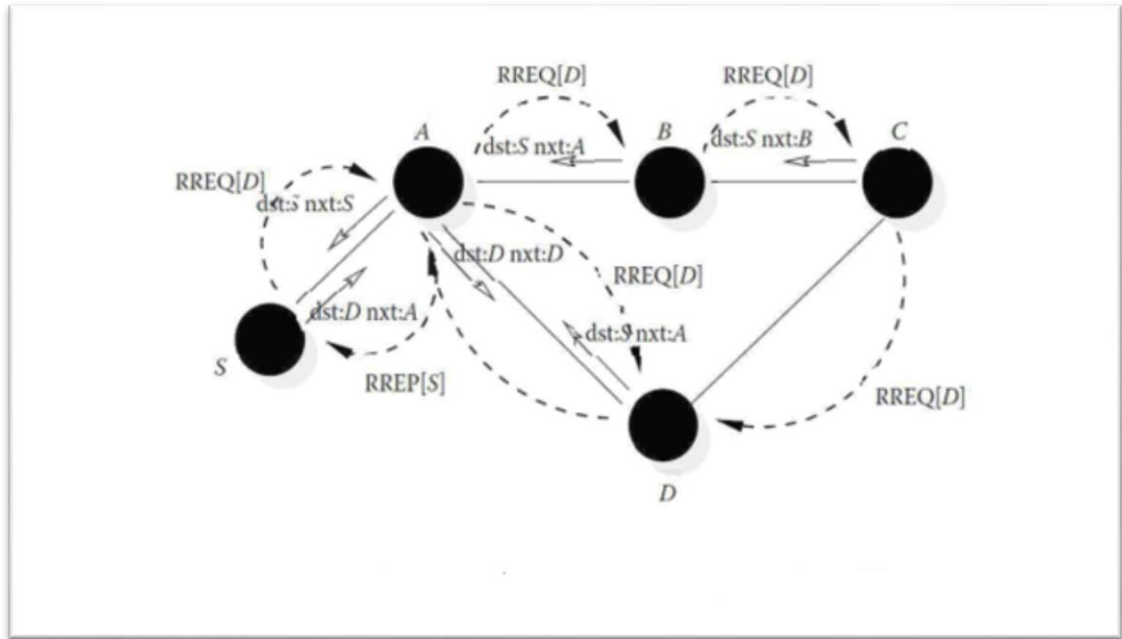


Figure 3.1 : Processus du fonctionnement du protocole AODV

3.3.Gestion de la table de routage :

La découverte de route permet de trouver une route pour atteindre une destination et cela en inondant un paquet de requête dans tout le réseau. La maintenance de route permet de détecter et signaler les coupures de routes provoquées éventuellement par la mobilité des nœuds. AODV n'utilise pas des mises à jour périodique, les routes sont découvertes et maintenues selon les besoins.

Chaque nœud intermédiaire qui se trouve dans la route entre un nœud source et un nœud destination doit garder une table de routage qui contient :

- L'adresse de la destination.
- Le nœud suivant à utiliser pour atteindre la destination.
- La distance en nombre de nœud : C'est le nombre de nœud nécessaire pour atteindre la destination.
- Le numéro de séquence destination : Il permet de distinguer les nouvelles routes des anciennes.
- Le temps d'expiration de l'entrée de la table : C'est le temps au bout du quel l'entrée est valide.

AODV utilise trois types de messages pour créer et maintenir les routes, le RREQ (Route Request) pour demander une route, le RREP (Route Reply) pour répondre à une requête de demande de route, et le RERR (Route Error) pour signaler une coupure de route [13].

3.4.Mécanismes de création des routes :

Cette section décrit les scénarios selon lesquels les nœuds génèrent les différents paquets: RREQ, RREP et RERR.

3.4.1.Le maintien du numéro de séquence :

Chaque table de routage doit inclure la dernière information sur le numéro de séquence pour l'adresse IP de la destination pour laquelle la table de routage est maintenue. Cette information est remise-à-jour si le nœud reçoit une nouvelle indication de changement du numéro de la séquence de la destination. L'indication se fait à travers les paquets reçus (RREQ, RREP et RERR). Une destination incrémente son propre numéro de séquence dans les deux cas suivants:

- Juste avant qu'un nœud ait entrepris une découverte de route.
- Juste avant qu'une destination ait généré une RREP en réponse à une RREQ. Le nœud doit remettre-à-jour son propre numéro de séquence au maximum entre le numéro de séquence actuel et celui contenu dans le paquet RREQ.

Un nœud peut changer le numéro de séquence dans la table d'entrée de la destination dans les cas suivants :

- Si ce nœud est la destination elle-même, ou
- si ce nœud reçoit un message AODV avec de nouvelles informations sur le numéro de séquence de la destination, ou
- si le chemin menant à cette destination arrive à expiration ou est rompu [22].

3.4.2.Les entrées de la table de routage et la liste des précurseurs :

Dans le cas où un nœud reçoit un paquet AODV de son voisin, ou crée ou remet à jour la route vers une destination particulière, celui-là recherche dans la table de routage l'adresse de la destination. Si aucune entrée ne correspond à cette destination, une entrée

est alors créée dans la table de routage contenant le numéro de séquence du paquet AODV. La route est modifiée si le numéro de séquence est :

- supérieur à celui de la destination, ou
- égale à celui de la destination, mais le nouveau compteur de hop plus un est inférieur au compteur de hop actuel dans la table de routage, ou Inconnu.

Le champ de durée de vie de la table de routage est aussi une entrée de la table de routage. Ce paramètre est le temps d'expiration de la route valide et le temps de suppression de la route invalide.

Pour chaque route valide maintenue par le nœud sous la forme d'entrée à la table de routage, ce nœud maintient aussi une liste de précurseurs qui peuvent router les paquets sur cette route. Les précurseurs sont ceux qui ont déjà acheminé une réponse RREP vers ce nœud.

3.4.3.Génération et acheminement des requêtes RREQ :

La requête est générée par un nœud si celui-là ne connaît pas la destination ou qu'une route préalablement valide a été invalidée ou a expiré. Le numéro de séquence de destination dans la RREQ est le dernier numéro de séquence de destination connu, sinon un indicateur de numéro de séquence inconnu est activé.

Avant la transmission (en Broadcast) du paquet, la source sauvegarde le RREQ ID et l'adresse IP de la source (sa propre adresse) pour l'instant actuel. De cette manière, si la source reçoit le même paquet, celle-ci ne le retransmet pas. La source ne devrait pas générer plus qu'un maximum de paquets RREQ générés (RREQ_RATELIMIT) par seconde. Si une route n'est pas reçue en un temps inférieur à NET_TRAVERSAL_TIME millisecondes, la source peut générer un nouveau RREQ jusqu'à un maximum de retransmissions RREQ_RETRIES.

Les paquets de DATA en attente d'une route (en attente d'une RREP après la génération d'une requête RREQ) doivent être bufférisés en mode FIFO. Si le RREQ_RATELIMIT pour une certaine destination est atteint, tous les paquets de DATA qui lui sont destinés doivent être rejetés.

Quand un nœud reçoit une requête, celui-ci crée ou remet à jour le hop précédent si celui-là n'a pas de numéro de séquence valide dans sa table de routage. Par la suite, le

nœud vérifie s'il a déjà reçu le paquet RREQ avec la même adresse IP source et le même RREQ ID dans le dernier intervalle PATH DISCOVERY TIME.

Si une requête est acceptée, le compteur de hops est incrémenté d'une unité. Ensuite, le nœud établit la route inverse vers la source de la requête. Cette route sera nécessaire si ce nœud doit acheminer une RREP vers la source de la requête. Quand une route est créée, les actions suivantes sont entreprises:

- Le numéro de séquence de la source de la RREQ est comparé au numéro de séquence de la destination contenu dans la table de routage et y est copié si le premier est supérieur au deuxième. Le nœud qui fait le routage de la RREQ ne change pas son propre numéro de séquence de la même destination, même si celui là vérifie la condition précédente.
- L'indicateur numéro de séquence valide est activé (vrai).
- Le prochain hop dans la table de routage devient le nœud à partir duquel le RREQ a été reçu (pas nécessairement la source originale de cette requête, mais probablement un nœud intermédiaire).
- Le compteur de hops est remplacé par celui contenu dans le message RREQ.
- Le champ de durée de vie de la route est remis à jour.

Si le nœud recevant la requête n' est pas supposé générer une réponse, celui-ci incrémente le compteur de hops par une unité et broadcast le requête. Si le nœud génère une réponse RREP, la RREQ est supprimée[22].

3.4.4.Génération et acheminement des réponses RREP :

Un nœud génère une RREP si :

- Ce nœud est la destination de la requête, ou
- Ce nœud dispose d'une route active vers la destination de la requête; le numéro de séquence de la destination existant (de la route que le nœud conn ait déjà) est valide et supérieur ou égale au numéro de séquence de la destination contenu dans le RREQ ; et que la requête n' est pas transmise exclusivement à la destination (à travers l'indicateur « destination only »).

La réponse RREP est générée en copiant les adresses IP de la destination et de la source dans les champs équivalents. L'envoi de cette réponse se fait en mode unicast

vers la destination qui était la source précédente (hop précédent) de la requête selon la table de routage. Le compteur de hops continu d'être incrémenté suivant le chemin inverse suivi par la réponse jusqu'à la source originale de la requête.

Chaque nœud intermédiaire recevant la réponse RREP place dans sa liste de précurseurs le nœud à partir duquel il vient de recevoir ce paquet. La route directe est donc établie à travers l'acheminement de la réponse ; sachant que la requête avait servi à établir le chemin inverse. Sachant aussi que si la réponse n'atteint pas la destination (qui est la source de la requête), celle-ci est déjà en train d'attendre NET_TRAVERSAL_TIME millisecondes avant d'entreprendre une nouvelle découverte de route et de retransmettre la requête ou d'en générer une nouvelle.

3.4.5. Les messages « Hello » :

Les messages HELLO permettent d'offrir des informations sur la connectivité entre les nœuds. A chaque HELLO_INTERVAL millisecondes, chaque nœud vérifie s'il a envoyé au moins une requête RREQ ou un message MAC.

Les nœuds peuvent aussi écouter le canal pour vérifier si leurs voisins reçoivent des messages (Hello ou autres). Si dans un certain intervalle, un voisin ne présente aucune activité de ce genre, le lien avec celui-ci est considéré comme rompu.

3.5. Mécanismes de maintenance des routes :

3.5.1. Gestion de la connectivité :

Chaque nœud figurant sur une route active, doit périodiquement vérifier l'état de la liaison avec le nœud successeur sur cette même route. La vérification se fait par la diffusion du message "HELLO", la période de diffusion étant fixée à une durée de "HELLO_INTERVAL" (en ms). Ce message n'est autre qu'un RREP contenant l'adresse de l'émetteur avec un TTL égal à 1 pour éviter qu'il ne soit propagé plus loin dans le réseau. Ainsi, un nœud qui ne reçoit pas de message HELLO, durant une période multiple de "HELLO_INTERVAL", en provenance du nœud voisin on conclut que la liaison avec ce nœud est rompue et donc il y a changement de connectivité voisine.

Les défaillances des liens sont généralement dues à la mobilité des nœuds :

- si le nœud source qui se déplace et rompt la liaison avec son successeur, alors il relancera la procédure d'établissement de route s'il en a encore besoin.
- si le nœud qui s'est déplacé est un nœud intermédiaire ou destination, alors le nœud source doit être informé par le message RERR qui doit être généré par le nœud le plus proche parmi les deux (figure 3.2). L'initiateur du RERR va lister ses nœuds précurseurs sur la route défaillante et leur envoyer le paquet RERR. En recevant un RERR, un nœud marque la route vers cette destination (dont l'adresse figure dans le RERR) invalide en mettant la valeur du champ distance correspondant à l'infini (Distance = infinie), et à son tour renvoie le RERR vers ses précurseurs sur cette route. Lorsque le nœud source reçoit le RERR, il entame alors un nouveau processus d'établissement d'une nouvelle route s'il en a encore besoin.

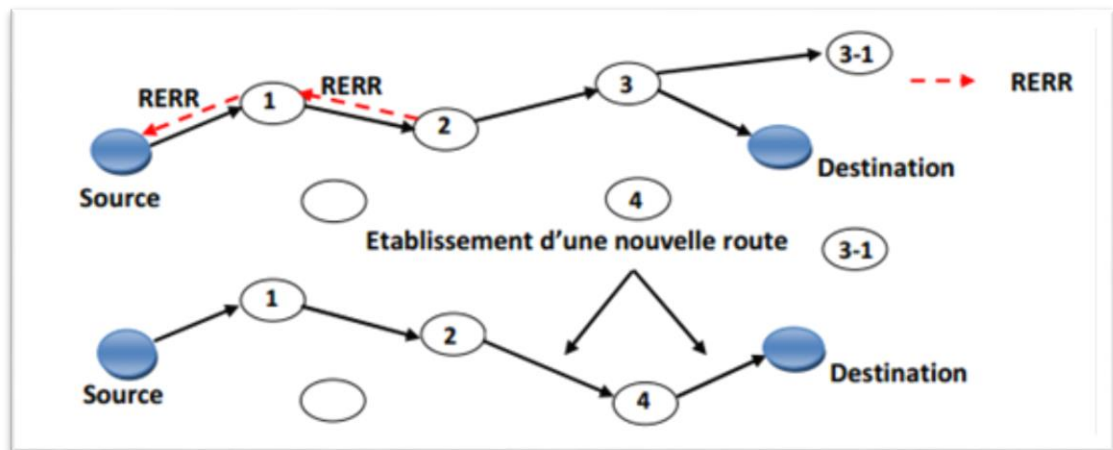


Figure 3.2 : Génération de RERR à cause de la défaillance du nœud

3.5.2. La maintenance de route :

Chaque nœud dans AODV maintient une liste des ses voisins. Avec une cadence d'une fois par seconde chaque nœud va transmettre un message HELLO, Si un nœud ne reçoit pas d'un voisin trois messages HELLO consécutifs (pas de messages pendant trois secondes) le lien avec le voisin est considéré invalide.

Si un lien entre deux nœuds est invalide (à cause de la mobilité ou la défaillance d'un nœud), les nœuds utilisant ce lien sont prévenus par un message d'erreur (RERR), ils vont alors diffuser une autre requête. La figure suivante illustre la coupure d'un lien entre deux nœuds et l'envoi du RERR dans AODV.

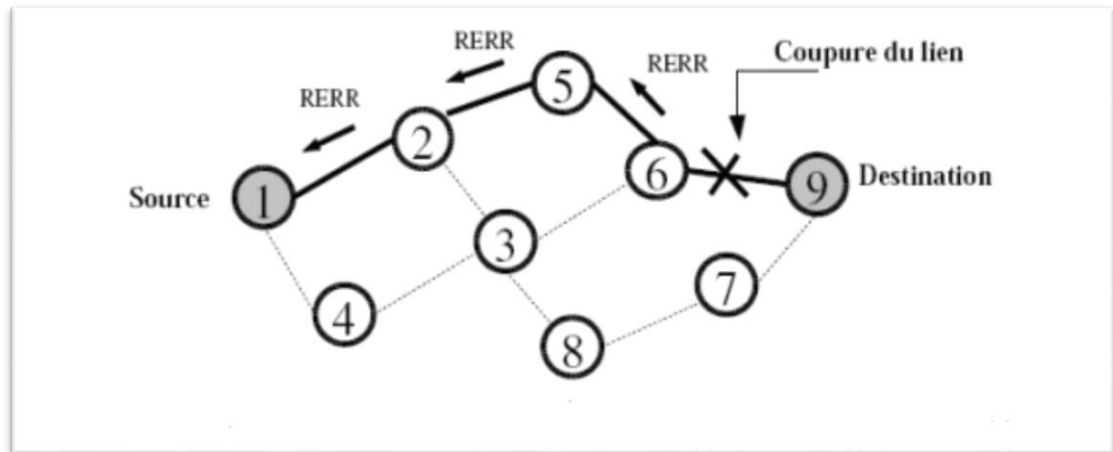


Figure 3.3 : Coupure de route et envoie du RERR dans AODV

Le protocole AODV utilise l'inondation pour découvrir les routes, si le réseau est très utilisé il peut générer un trafic de contrôle énorme. Aussi AODV étant un protocole On Demande il a un délai initial avant de commencer la transmission des paquets [21].

3.5.3. La découverte de route:

Si un nœud dans AODV veut communiquer avec une destination à laquelle il ne possède pas de route valide, il inonde le réseau avec une requête de demande route (RREQ : Route REQuest) qui contient : son adresse, son numéro de séquence, l'adresse de la destination, la dernière valeur connue du numéro de séquence de la destination, et le numéro de la requête. La réponse à la requête (RREP) est retournée par la destination ou par un autre nœud qui possède une route à la destination. La RREP contient l'adresse du nœud source, l'adresse de la destination, le numéro de séquence de la destination et le nombre de sauts pour atteindre la destination. La figure suivante illustre l'inondation de la requête de demande de route par le nœud source et le renvoi de la réponse par le nœud destination dans AODV.

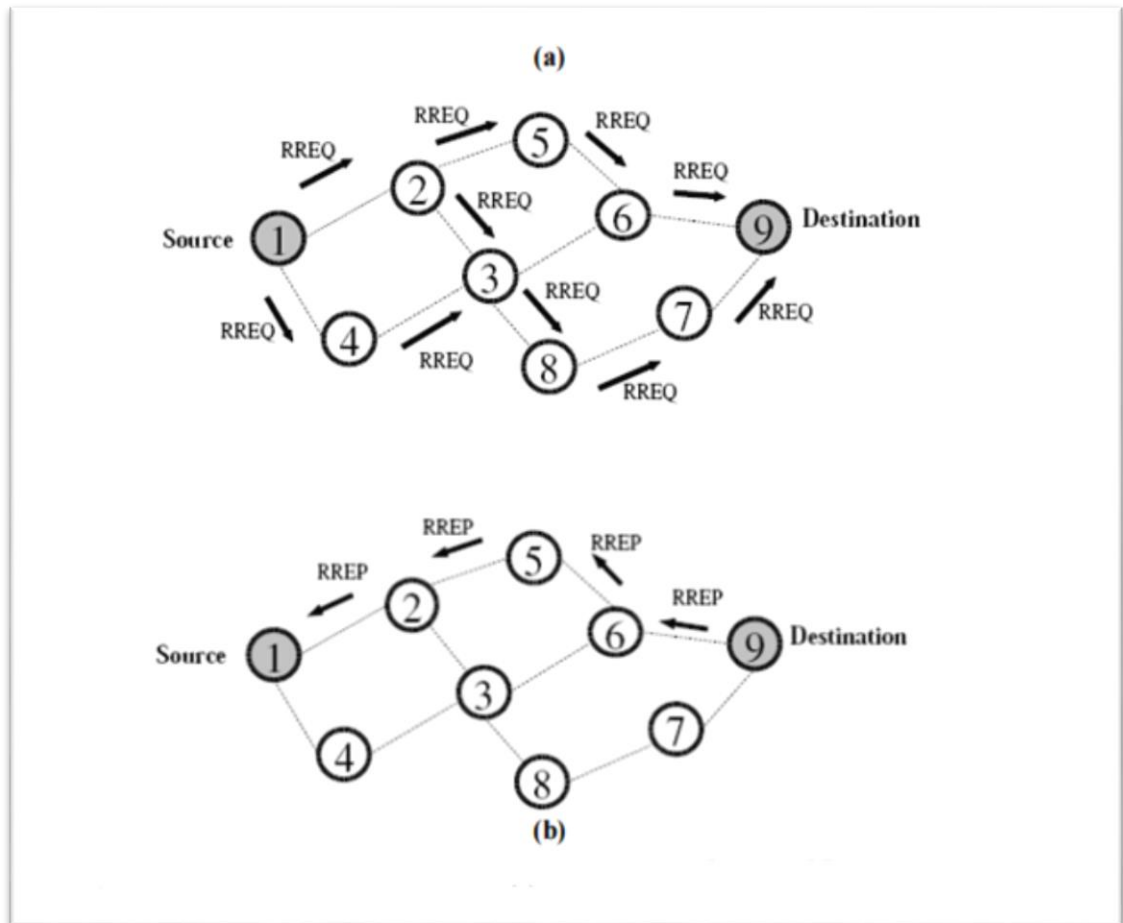


Figure 3.4 : (a) Inondation de RREQ, (b) revoie du RREP dans AODV

Si le nœud émetteur de la requête ne reçoit pas de réponse RREP pendant une certaine période (appelé RREP_WAIT_TIME) il rediffuse une nouvelle requête. Si la requête RREQ est rediffusée un certain nombre de fois (RREQ_RETRIES) sans recevoir de réponse une erreur est déclenchée.

Un nœud intermédiaire (se trouvant entre un nœud source et un nœud destination) qui rediffuse une requête de route (figure 3.4 (a)), sauvegarde l'adresse du nœud source qui a envoyé la requête la première fois et l'adresse du nœud voisin qui lui a transmit la requête, cette information est utilisée pour reconstruire la route inverse qui sera traversée par la réponse de route (RREP) (figure 3.4(b)) [13].

3.6. Avantages et Inconvénients :

L'un des avantages d'AODV est l'utilisation de numéro de séquence dans les messages. Ces numéros de séquences permettent l'éviter les problèmes de boucles infinis et sont essentiels au processus de mise à jour de la table de routage.

Un autre avantage est le rappel de l'adresse IP du nœud origine dans chaque message. Ceci permet de ne pas perdre la trace du nœud à l'origine de l'envoi du message lors des différents relais.

Un inconvénient d'AODV est qu'il n'existe pas de format générique des messages. chaque message a son propre format :RREQ ,RREP, RERR

3.7. Conclusion

Nous avons présenté, dans ce chapitre, le détaille du protocole standard AODV, leur principale caractéristique et leurs fonctionnalités, qui permettent d'assurer l'acheminement des données.

Dans le chapitre suivant nous présenterons la qualité de service dans les réseaux ad hoc.