



جامعة العربي التبسي - تبسة
Université Larbi Tébessi - Tébessa

République Algérienne
Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement



كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة
FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES
ET DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

supérieur et de la recherche scientifique

Université Larbi Tébessi - Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature
et de la Vie

Département : Mathématiques et Informatique

Mémoire de fin d'études

Une nouvelle métrique de routage pour le protocole AODV des réseaux Ad-Hoc

Pour l'obtention du diplôme de MASTER

Domaine : Mathématiques et Informatique

Filière : Informatique

Option : Réseaux et sécurité informatique

Thème

Présenté Par :

Elhamza Houssein

Devant le jury :

Mr Azzeddine Abdelghafor MCA Université

Larbi Tébessi Président

Mr Sahraoui Abdellatif MAB Université

Larbi Tébessi Examineur

Mr Mahmoudi Rachid MCA Université

Larbi Tébessi Encadreur

Date de soutenance : 22/06/2019

Résumé

Les réseaux mobiles est le premier problème de recherche de la communauté de l'analyse et de la reconnaissance de documents depuis plus de trois décennies.

Les sous-problèmes de réseaux mobiles comprennent principalement la segmentation, la reconnaissance des caractères isolés et la reconnaissance des chaînes des chiffres et des chiffres isolés.

Parmi ces différentes modalités, nous nous intéresserons à la reconnaissance des chiffres manuscrits isolés en utilisant l'apprentissage profonds pour connaître le contenu d'une image de la base de données non normalisé CVL basé sur le modèle de « Convolutional Neural Networks- CNNs ».

Mots clés : chiffres manuscrits isolés, binarisation, rembourrage (Padding), apprentissage profonds, réseau de neurones convolution (CNNs).

Abstract

Handwriting recognition has been the premier research problem of the document analysis and recognition community for over three decades now.

The sub problems in handwriting recognition mainly include line, recognition of isolated characters, and recognition of numerical strings and isolated digits.

Among these different modalities of handwriting recognition, this work focuses on recognition of isolated handwritten digits using deep learning to know the content of the nonnormalised CVL database image based on the « Convolutional Neural Networks-CNNs » model.

Key words: isolated handwritten digits, Binarization, Padding, Deep learning, Convolutional neural network (CNNs).

ملخص

تعد البطاريات المشكّلة البحثية الأولى في استعمال الشبكات والاعتراف بها لأكثر من ثلاثة عقود.

تتضمن المشاكل الفرعية في التعرف على الأرقام المكتوبة بخط اليد بشكل أساسي تجزئة مستوى الخط والتعرف على الأحرف المعزول والتعرف على السلاسل الرقمية والأرقام المعزولة.

من بين هذه الطرائق المختلفة، سوف نركز على التعرف على الأرقام المعزولة باستخدام التعلم العميق لمعرفة محتوى صورة قاعدة بيانات CVL غير موحدة الحجم بناءً على نموذج الشبكات العصبية «Convolution Neural Networks- CNNs».

الكلمات المفتاحية: الأرقام المعزولة المكتوبة بخط اليد، الترميز الثنائي، الحشو، التعلم العميق، الشبكات العصبية، الشبكة العصبية التلافيفية (CNNs).

Dédicaces

Avant tout, Je remercie ALLAH qui m'aide

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents Elbahi et Samira qui n'ont pas cessé de m'encourager durant toutes mes études et que dieu me les garde ;

À mes frères, mes sœurs,

À toutes les personnes qui m'ont aidés à la réalisation de mon travail.

*À tous les étudiants de branche informatique
2018-2019*

Elhamza Houssein

Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude à toute personne qui, de près ou de loin, a contribué à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent plus particulièrement à Mr Mahmoudi Rachid qui a bien accepté de diriger ce mémoire. Ses remarques, ses précieux conseils et ses corrections

nous ont été d'une grande utilité. Nous lui disons « Merci ».

Nous remercions également les jurys d'avoir accepté l'évaluation de ce travail.

Nous aimerions témoigner notre gratitude aux professeurs et enseignants de la Faculté des Mathématiques et Informatiques qui ont assuré notre formation universitaire pour les conseils prodigués depuis la première année.

Nos remerciements s'adressent également à tous ceux qui nous ont soutenu tant moralement que matériellement.

Que les camarades de classe trouvent eux aussi nos remerciements les plus distingués pour leur assistance et fraternité au cours de notre formation universitaire.

Les derniers mots sont consacrés au Dieu le tout persistant de Nos avoir donné la puissance d'en arriver là.

I. Introduction générale

La reconnaissance des chiffres manuscrits est le premier problème de recherche de la communauté de l'analyse et de la reconnaissance de documents depuis plus de trois décennies. Les sous-problèmes de reconnaissance des chiffres manuscrits comprennent principalement la segmentation au niveau des lignes, des mots ou des caractères, la reconnaissance des caractères isolés, des mots ou des lignes / paragraphes complets et la reconnaissance des chaînes des chiffres et des chiffres isolés. Parmi ces différentes modalités de reconnaissance des chiffres manuscrits, ce projet de fin d'étude est consacré à la reconnaissance des chiffres isolés, le problème classique de reconnaissance des formes qui offrant des nombreuses d'applications. Contrairement à l'alphabet, les dix glyphes des chiffres arabes occidentaux les plus couramment utilisés sont partagés par de nombreux scripts et langues à travers le monde, ce qui les rend universellement acceptables. Les principaux défis de la reconnaissance des chiffres manuscrits proviennent des variations des taille, des forme, d'inclinaison et plus important encore des variations dans les styles d'écriture des individus.

Avec les récents progrès dans l'analyse des images et la classification des formes, des systèmes sophistiqués de reconnaissance des chiffres ont été proposés, qui visent à améliorer les performances de reconnaissance globales en améliorant la génération de caractéristiques et / ou les techniques de classification utilisées. Certaines des études visent à améliorer les performances de classification en utilisant une combinaison de plusieurs classificateurs, tandis que d'autres visent à combiner plusieurs caractéristiques et à sélectionner l'ensemble des caractéristiques le plus pertinent et optimal pour ce problème.

L'apprentissage profonds est une partie des algorithmes d'apprentissage automatisés et a donc été classé dans une section plus large de l'intelligence artificielle (IA). L'apprentissage profonds de diverses architectures concerne les réseaux de neurones profonds « deep neural network », les réseaux de neurones récurrents « Recurrent Neural Network », les réseaux de croyances profonds « Deep Belief Networks » et ceux-ci ont été appliqués à divers domaines du monde informatique tels que la reconnaissance vocale, la traduction automatique, le traitement du langage naturel, le filtrage de réseaux sociaux, la bio-informatique et la conception de médicaments. Le Réseau Neuronal Convolutif « CNNs » est l'une des formes les plus importantes d'apprentissage profonds. Le « CNNs » traite plusieurs couches d'un réseau de neurones simple et constitue donc l'algorithme le plus important pour classifier des images ou des symboles manuscrits. Les réseaux neuronaux profonds « Deep Neural Networks » constituent le domaine émergent qui est plus efficace avec les GPUs «

Graphical Processing Unit » car il nécessite une énorme quantité de données à traiter et consomme moins de temps de calcul.



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique

Université Larbi Tébessi - Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Mathématiques et Informatique

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de MASTER
Domaine : Mathématiques et Informatique

Filière : Informatique

Option : Systèmes et Multimédias

Thème

*Utiliser la blockchain pour rendre le cadastre plus
fiable en algerie*

Présenté Par :
GHENAIET AMEUR

Devant le jury :

Mr. Makhlouf Derdour
Encadreur

Université Larbi Tébessa

Date de soutenance :/07/2020

Résumé

Dans ce travail, été présenté une plate-forme blockchain pour rendre le cadastre plus fiable en algerie, la technologie proposée comprend quatre étapes de base d'enregistrement de l'ensemble du client, l'enregistrement du terrain avec ses spécifications et sa localisation sur la carte via la technologie satellite, documentant son propriétaire s'il existe et enregistrant l'ensemble des opérations de vente et d'achat, enregistrant l'intégralité de la vente et de l'achat à l'aide de la technologie blockchain, affichant les terrains et proposant des terrains À vendre sur le mur de la plateforme et contrôler l'intimité de la plateforme et toutes les opérations

ملخص :

في هذا العمل ، تم عرض منصة blockchain لجعل الكادستر أكثر موثوقية في الجزائر ، وتشمل التقنية المقترحة أربع خطوات أساسية لتسجيل العميل بالكامل ، وتسجيل الأرض بمواصفاتها وموقعها على الخريطة عبر تقنية الأقمار الصناعية ، وتوثيق صاحبها إذا كانت موجودة وتسجيل جميع عمليات البيع والشراء ، وتسجيل البيع والشراء بالكامل باستخدام تقنية blockchain ، وعرض او اقتراح الأراضي للبيع على جدار المنصة والتحكم في خصوصية المنصة وجميع العمليات

Remerciement

succès de Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au .mon stage et qui m'ont aidée lors de la rédaction de ce mémoire

Je voudrais dans un premier temps remercier, mon Encadreur de mémoire Mr. Makhlouf Derdour, professeur de informatique à l'université de Université Larbi, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire :

Ma famille et mes amis, pour leur soutien constant et leurs encouragements

1. Table des matières

Résumé	
Remerciement	ii
Dédicace	iii
Table de matière	iv
Liste des figures	vii
Introduction générale	1
Chapitre 1 : Blockchain	
1.1.Introduction	5
1.2.DÉFINITION ET CARACTÉRISTIQUES	6
1.3.historique	7
1.4. LES OPPORTUNITÉS DE LA BLOCKCHAIN POUR L'ÉCONOMIE SOCIALE ET SOLIDAIRE	
1.4.1. DÉFINITION DE L'ÉCONOMIE SOCIALE	
1.4.2. BLOCKCHAIN ET FINANCEMENT	
1.4.3 L'EXEMPLE DES PLATEFORMES COOPERATIVES	
1.5. Conclusion	19
Chapitre 2 : La cadastre sur la blockchain	21
2.1. Introduction	21
2.2 problématique	
2.3 Conception	
2.3.1 Diagramme des packages	
2.3.2 Diagramme de classe	
2.4 Implementation	
2.4.1 Technologies utilisées	
2.4.2 Back-end de platform	
2.4.3 Front-end de platform	
2.4.4 Des points plus importants	
2.5 Resultat	

Conclusion générale	37
Bibliographie	38

LISTE DES FIGURES

Figure N°	titre	page
1.1	les etapes de la transaction	8
1.2	Application de blockchain	23

2.1	Diagramme de package de plaf-form	23
2.2	Diagramme de classe	24
2.3	MERN STACK	26
2.4	MERN STACK ECO-SYSTEM	27
2.5	Back-End implementation	28
2.6	Back-End implementation 2	29
2.7	Back-End implementation REST API	30

INTRODUCTION GÉNÉRALE

1. Contexte du travail

Le mot blockchain fait souvent penser aux cryptomonnaies et à

des personnes pratiquant une science obscure, mais c'est en fait une technologie qui pourrait améliorer les vies de milliards de personnes, d'une multitude de façons.

Parmi ces problèmes, la plupart du monde a rencontré des problèmes de les cadastre

Prenons l'exemple de ce qui s'est passé en Haïti après le tremblement de terre dévastateur de 2010. Alors que de nombreux pays et organisations faisaient de leur mieux pour aider à la reconstruction de la nation, un obstacle faisait son apparition : il était impossible d'identifier les propriétaires légitimes de milliers de parcelles, ce qui créait des conflits.[1]

Encore aujourd'hui, ces tensions ont un impact sur les efforts de relèvement du pays. Les projets de reconstruction sont au point mort tandis que le gouvernement et les entrepreneurs attendent que les problèmes de propriété soient résolus. Les commerces et les maisons, qui seraient nécessaires pour que les citoyens d'Haïti puissent reprendre leur vie, ne sont pas bâtis. Le système de cadastre actuel est corrompu et inefficace, et ce sont les citoyens vulnérables d'Haïti qui en souffrent le plus.

Les cadastres de dizaines de villes à travers le monde en développement souffrent de problèmes similaires. Beaucoup de citoyens ne font tout simplement pas confiance au système. Certains ne savent pas s'ils sont légalement propriétaires, bien qu'ils possèdent un acte de vente. D'autres souhaitent acheter un terrain mais ne savent pas si le vendeur le possède légalement.

2. Objectifs du travail

.L'objectif essentiel de ce travail consiste à créer un platform de cadastre pour l'Algérie - en utilisant la technologie blockchain.

.Avec la technologie blockchain, nous avons la possibilité de résoudre plusieurs de ces problèmes : les enregistrements sont liés au système en permanence, de sorte que personne ne peut altérer ou falsifier ses propres dossiers. De plus, ces enregistrements peuvent être consultés par n'importe quelle partie, à tout moment. C'est une technologie puissante et significative

Grace à la blockchain, les acheteurs sont assurés qu'ils deviennent légalement propriétaires d'un terrain réel, cela réduit les conflits potentiels.

Alors, comment fonctionne notre preuve de concept ? La blockchain capture et enregistre chaque transaction, de manière permanente, tout au long de la vente d'une propriété. De cette façon, vous obtenez une traçabilité et une transparence en temps quasi réel.

3. Organisation du mémoire

Ce mémoire est structuré en deux chapitres. Le premier est consacré à la présentation des principaux concepts, outils et travaux relatifs à l'étude entreprise. Dans le deuxième du mémoire, nous abordons de manière détaillée et le résultat de travail

CHAPITRE 1

2. Blockchain

Ce chapitre est consacré à la présentation des quelques domaines de recherche liés directement avec le problème étudié. Il présente les travaux connexes dans le domaine de blockchain

3. 1.1. Introduction

À l'heure de la crise de confiance et du mécontentement vis-à-vis des tiers et médiateurs traditionnels [1],

institutions, banques et États la technologie blockchain, qui porte la promesse d'une désintermédiation et de la transparence, séduit et intrigue.

Le terme « blockchain » est apparu en 2008 et depuis nous assistons à une croissance des projets basés sur cette technologie. Elle est souvent présentée comme une innovation de rupture, aussi importante que la naissance de l'imprimerie ou d'Internet [2]. Ses impacts potentiels pourraient révolutionner nos systèmes économiques et nos manières d'échanger : la blockchain est porteuse de transformations profondes dans de nombreux domaines d'application. Elle peut à la fois représenter une menace, dans ses intentions ou son utilisation, en créant des systèmes de confiance basés sur des lois mathématiques qui s'affranchiraient des exigences démocratiques ou une opportunité pour la démocratie, si elle est bien utilisée.

Cette technologie porte surtout la promesse d'une nouvelle gouvernance, à l'échelle locale comme mondiale, basée sur des principes novateurs : collaboration, décentralisation et transparence.

Les États et l'Union européenne s'intéressent de près à l'évolution de la technologie blockchain et à son

potentiel pour l'économie sociale. Le Comité économique et social européen prépare actuellement un

avis d'initiative sur la question de la blockchain et de l'économie sociale, qui devrait être adopté en juillet

2019.

La technologie blockchain est donc au cœur de l'actualité. POUR LA SOLIDARITÉ-PLS se propose

d'analyser les liens possibles entre blockchain et économie sociale.

1.2. 1. DÉFINITION ET CARACTÉRISTIQUES

Blockchain désigne une chaîne de blocs sur lesquels sont stockées des informations de toute nature. La blockchain est définie généralement comme une « technologie de stockage et de transmission d'informations, transparente, sécurisée, et fonctionnant sans organe central de contrôle » [4]. La blockchain est une technologie des registres distribués, ou DLT (Distributed Ledger Technology), qui

regroupe les systèmes numériques qui enregistrent des transactions d'actifs et leurs détails dans

plusieurs emplacements à la fois. La blockchain est la technologie DLT la plus connue.

Une blockchain constitue une base de données qui contient l'historique de tous les échanges effectués

entre ses utilisateurs, et ce, depuis sa création. Pour se la représenter, l'image du grand livre est

fréquemment utilisée : la blockchain peut être comparée à un vaste registre public intégrant l'ensemble des échanges effectués par ses utilisateurs depuis sa création. Une de ses caractéristiques principales est qu'elle ne peut pas être modifiée. Les blocs sont protégés par plusieurs procédés cryptographiques innovants qui rendent la modification impossible a posteriori [5] . C'est ce qui donne à cette technologie son caractère transparent : on peut uniquement ajouter des opérations, mais pas les modifier ni les supprimer, elles sont infalsifiables.

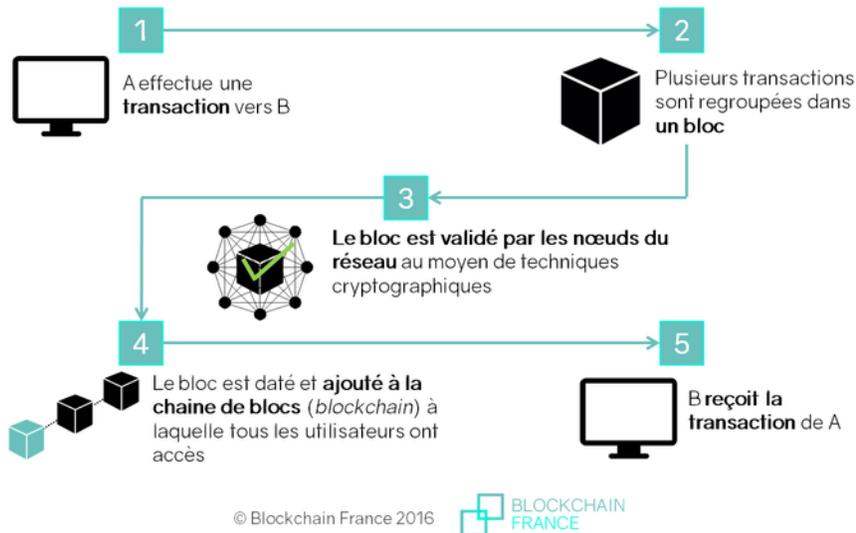
Cette technologie repose sur un système de pair-à-pair décentralisé :

les données ne sont pas hébergées par un serveur unique mais distribuées entre les utilisateurs, sans intermédiaire. Une partie des utilisateurs détient des copies de la blockchain, qui se trouve donc présente partout dans le monde.

Ces centaines de copies sont sans cesse mises à jour simultanément [6] . Contrairement aux bases de données traditionnelles, qui sont administrées par des opérateurs centralisés, la blockchain est administrée collectivement, par tous les nœuds du réseau. Ces nœuds obéissent tous à un même protocole informatique, qui définit les procédures à suivre, ainsi que les conditions à respecter pour mettre à jour la base de données [7].

Concrètement, la technologie blockchain prend la forme d'un registre qui recense des données, généralement des transactions, regroupées dans des blocs reliés entre eux. Un bloc est simplement un ensemble d'informations mis ensemble, et les blocs sont reliés entre eux de manière irréversible (par les chaînes). Chaque bloc est validé par les nœuds du réseau, des utilisateurs-validateurs appelés les "mineurs". Une fois validés, les blocs sont horodatés et intégrés à la chaîne de blocs, accessible à tous les utilisateurs. La transaction est alors visible pour le récepteur ainsi que l'ensemble du réseau. Les mineurs sont rémunérés via des tokens [8] . Le seul moyen de modifier la blockchain est d'ajouter un bloc :

il n'est pas possible de changer un bloc existant ou de modifier les chaînes



4.
5.
6. **Figure 1.1**
les
étapes
de
la

transaction

□ Les caractéristiques principales de la technologie blockchain sont :

a technologie blockchain permet d'échanger sans le contrôle d'un tiers. La validation et l'ajout d'un

bloc résultent d'un consensus entre les utilisateurs-validateurs, qui repose sur la possibilité de vérifier leur travail de validation et qui rend inutile le contrôle par une institution de référence 10 . Tout est effectué sans l'intervention d'une autorité centrale, les utilisateurs opèrent la surveillance, et se

contrôlent mutuellement, assurant la certification des sauvegardes et leurs cohérences 11 .

Le tiers de confiance, une banque par exemple, est traditionnellement le seul moyen de s'assurer qu'une transaction est valide, c'est-à-dire que les données (de la monnaie le plus souvent) ont effectivement été transférées d'une personne A à une personne B, et que la personne A n'est donc plus en possession des données initiales. La blockchain permet de faire reposer la confiance uniquement sur la technologie et sur la possibilité pour tous et à tout moment de contrôler les opérations et leur validation. La confiance est ici distribuée et ne nécessite plus d'intermédiaire.

La blockchain est ainsi décentralisée tant sur le plan politique (personne ne la contrôle) que sur le plan architectural (pas d'infrastructure centrale) [12].

Cependant, aussi prometteuse soit-elle, cette désintermédiation poussée à l'extrême peut poser de nombreux problèmes. L'absence de contrôle et de régulation par un tiers facilite des comportements litigieux [13] comme par exemple le blanchiment d'activités illégales [14]. De même, se pose la question de l'arbitrage en cas de litige, étant donné qu'il n'y a personne, aucune institution vers laquelle se tourner en cas de dysfonctionnement.

2 La transparence

- Une fois qu'un document est inscrit sur la blockchain, cela suffit à prouver que ce dernier existe bien à l'instant T et qu'il n'a pas été modifié. La blockchain est qualifiée de transparente car tout le monde peut la télécharger dans son intégralité et vérifier à tout moment son honnêteté [15].
- Tous les utilisateurs de la blockchain peuvent ainsi voir les transactions présentes et passées [16].

Si la transparence est assurée pour les transactions, l'anonymisation des utilisateurs remet cependant en cause cette caractéristique. En effet, l'anonymat possible sur la blockchain peut être utilisé pour des activités frauduleuses, difficiles voire impossibles à détecter et à réguler.

3- La sécurité

- L'hébergement décentralisé fait également de la blockchain une technologie sûre : elle rend quasi impossible la suppression de toutes les copies des documents, qui existent sur une multitude de serveurs à travers le monde. La blockchain a une grande résistance, car toutes les données sont copiées dans les différents serveurs. Cela la rend résistante aux cyber-attaques ou au contrôle de l'État.
- En effet, s'il est possible de s'attaquer à un ou plusieurs ordinateurs, il est plus compliqué de s'attaquer aux blocs d'informations copiés dans l'ensemble des ordinateurs connectés au réseau. Cela offre à la blockchain un haut niveau de sécurité. La blockchain est donc considérée comme inattaquable et inviolable [17]. Cependant, cela la rend également difficilement régulable.

4- L'autonomie

- La puissance de calcul et l'espace d'hébergement sont fournis par les nœuds du réseau, c'est-à-dire les utilisateurs eux-mêmes. Il n'y a donc pas besoin d'infrastructures centrales. Au sein d'une blockchain, l'infrastructure n'est plus concentrée dans les mains d'une organisation mais est, au contraire, éclatée dans l'ensemble des points du réseau. Une blockchain est donc autoportante et indépendante de services tiers [18].

- La blockchain est l'architecture sous-jacente de la cryptomonnaie bitcoin, qui reste aujourd'hui le cas d'usage le plus connu. La première fonction de la blockchain a donc été le transfert d'actifs financiers.
- Mais cette technologie ne cesse d'évoluer et est à la base de bien d'autres applications qu'un réseau de paiement [19]. Elle est aujourd'hui utilisée aussi par d'autres acteurs et les opérations et données ne sont pas nécessairement financières. Son potentiel peut en effet s'appliquer à tous les domaines qui impliquent un échange, une sauvegarde ou même une preuve [20] et pourrait donner lieu à des usages révolutionnaires pour la santé, l'énergie,
- l'industrie musicale, les politiques publiques, l'agriculture etc. Parmi les applications possibles :
- Les « smart contract » exécutent automatiquement des actions validées au préalable par les parties prenantes : le groupe d'assurance Axa a par exemple testé le remboursement automatique des vols retardés via ce type de contrat [21].
- Le vote électronique a été testé par la ville de Zoug (Suisse) en 2018 [22].
- La certification des droits d'auteurs, comme le propose la start-up Mediachain [23] qui permet aux artistes de déposer leurs créations sur la base de données, et tout en gardant le contrôle sur elles et sur leur authenticité.
- La traçabilité des produits proposée par la plateforme Provenance [24] [25].
- La blockchain peut être un outil pour la mise en œuvre de monnaies locales complémentaires (MLC) numériques, à l'image du Léma [26], une MLC utilisée dans plusieurs communes françaises et suisses. Cela permet de mieux répondre aux besoins spécifiques des entreprises du réseau et de garantir une meilleure traçabilité [27].
- Elle peut également être utilisée pour mettre en place des systèmes de collaboration et de gouvernance plus démocratiques, comme nous le verrons plus loin dans cette note.

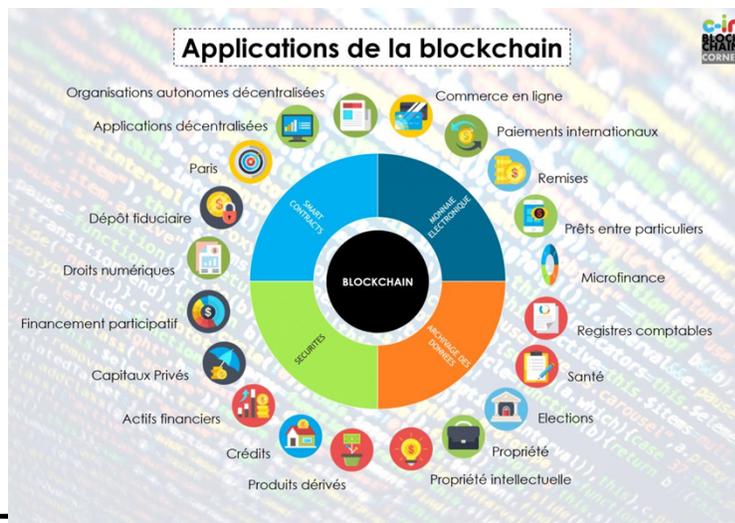


Figure 1.2 Application de blockchain

1.3.historique

La première blockchain est apparue fin 2008 avec la monnaie numérique bitcoin, développée par un inconnu sous le pseudonyme de Satoshi Nakamoto. Le projet bitcoin est à la base un projet politique anarcho-capitaliste [29] , un libéralisme empreint d'individualisme, et qui a pour objectif de s'émanciper de la contrainte de l'État et des lois. Cette idéologie rejette farouchement la démocratie et fait la promotion de formes autoritaires, voire fascisantes, de gouvernement [30] . Dans cette vision, décentralisation est synonyme de disparition pure et simple de tout gouvernement [31] . Remplacer des intermédiaires, au premier rang desquels les pouvoirs publics, séduit en effet les milieux ultralibéraux et libertaires.

Bien que, le bitcoin soit le produit d'un projet politique et la blockchain la simple technologie qui a rendu possible ce projet [32] , cette dernière reste aujourd'hui encore, assimilée au bitcoin et aux cryptomonnaies.

Cette confusion illustre parfaitement l'ambivalence que porte cette technologie. En effet, la blockchain peut être considérée comme l'incarnation de valeurs politiques et sociales, comme la transparence et la redistribution du pouvoir [33] , mais aussi comme l'incarnation de valeurs ultralibérales, qui refusent tout contrôle, aussi démocratique soit-il. C'est dans cette ambivalence que se trouve la complexité de la technologie blockchain, à la fois opportunité et menace pour l'économie sociale et la vision de la société qu'elle défend. C'est pourquoi selon Michel Bauwens, fondateur de la P2P Foundation, il faut veiller à ce que les instruments basés sur la blockchain ne soient pas hyper libertaires et capitalistes mais reposent sur l'idée de bien commun et de coopération [34] .

De même, l'idéologie à l'origine de la blockchain ne reconnaît pas le collectif, se méfie de la gouvernance démocratique, et veut créer des systèmes entièrement automatisés. Cela correspond à une vision "trustlessness" [36] de la société où la confiance dans l'humain est transférée dans la technologie,

vision très éloignée des valeurs de l'économie sociale, qui place l'humain et le collectif au premier plan. Il est donc essentiel de distinguer la blockchain du bitcoin, qui n'en est qu'une application possible qui repose sur une vision politique et économique ultralibérale du monde : un outil de spéculation et de déni du collectif, bien loin des valeurs de solidarité

1.4. LES OPPORTUNITÉS DE LA BLOCKCHAIN POUR L'ÉCONOMIE SOCIALE ET SOLIDAIRE

1. DÉFINITION DE L'ÉCONOMIE SOCIALE

L'économie sociale regroupe des organisations dont la priorité est de générer un impact social plutôt qu'un profit financier pour les propriétaires et les actionnaires. Elle porte des valeurs de solidarité, d'utilité sociale et de démocratie [37].

- La Commission européenne définit les organisations de l'économie sociale selon plusieurs critères [38] :
- Leur activité est justifiée par un objectif social ou d'intérêt général. L'objectif principal est en effet de produire un impact significatif sur la société, l'environnement et la communauté locale.
- Les bénéfices sont principalement réinvestis en vue de réaliser cet objectif social, ils sont affectés à l'agrandissement de l'entreprise et à l'amélioration des services aux membres et à la société.
- La méthode d'organisation ou le système de propriété repose sur des principes démocratiques ou participatifs. L'égalité des droits et devoirs entre les membres est un principe fondamental de l'économie sociale [39]. Les entreprises de l'économie sociale doivent être gérées de manière responsable, transparente et innovante, en impliquant les travailleurs, les clients et les acteurs concernés par leur activité [40].
- Les organisations ont des statuts divers, ce sont essentiellement des coopératives, associations, sociétés mutuelles et fondations.
- Selon la Commission européenne, l'économie sociale contribue à la croissance « intelligente », fondée sur la connaissance et l'innovation [41] et répond par l'innovation sociale à des besoins non ou mal satisfaits. Elle crée également une croissance durable en tenant compte de l'impact environnemental des activités et

en adoptant une vision de long terme. De plus, l'économie sociale promeut une croissance inclusive en raison de l'accent mis sur les personnes et la cohésion sociale.

- Elle tente d'apporter des éléments de réponse aux défis de la globalisation, de la financiarisation du monde économique, de la perte de confiance des citoyens vis-à-vis des décideurs publics, du manque de démocratie en entreprise et de l'égalité homme-femme [42].

- **2. BLOCKCHAIN ET FINANCEMENT**

- La technologie blockchain est également source de nouvelles opportunités de financement, plus démocratiques elles aussi, notamment grâce à la désintermédiation à travers lequel les institutions qui régissent et dominent traditionnellement le système financier, comme les États et les banques, perdent leur pouvoir [66], au profit de modes de financements plus horizontaux.
- Le financement est l'un des obstacles les plus importants pour les organisations de l'économie sociale, qui font face à des coûts de démarrage importants, mais ne peuvent pas attirer les investissements de la même manière que les entreprises traditionnelles [67]. La blockchain bouscule les règles de l'économie numérique classique. Grâce à la blockchain, il est possible de faire appel à une grande multitude d'internautes pour les financements, sans recours à un tiers. Il existe déjà actuellement plusieurs plateformes de financement participatif qui reposent sur la technologie blockchain. Le financement via la blockchain permet également de régler le problème de la confiance dans l'allocation réelle des fonds, en raison de sa transparence.

3. L'EXEMPLE DES PLATEFORMES COOPERATIVES

- **La'Zooz [43]** est un service de covoiturage entièrement décentralisé. Il permet aux conducteurs et aux passagers de se connecter en temps réel pour remplir les sièges vides des conducteurs, sans avoir à dépendre d'un acteur intermédiaire pour la mise en relation : tout passe par une plateforme autogérée. Les conducteurs sont rémunérés en jetons (tokens) appelés « Zooz », stockés sur une blockchain. Les jetons peuvent également être gagnés en contribuant au développement du code ou du design de l'application. Les utilisateurs dépensent ensuite leurs tokens en utilisant eux-mêmes le service de covoiturage ou en les revendant (leur valeur est basée sur le bitcoin).

- **Ryديو**[44] (<https://www.ridygo.fr/>) est une société coopérative et participative (SCOP) française qui propose des solutions de covoiturage par le biais d'une application pour le covoiturage de courte-distance et la création de chèques-covoiturage. La technologie blockchain est utilisée pour payer en monnaie virtuelle et pour gérer les flux financiers sécurisés et transparents entre la plateforme "Chèque Covoiturage" et les services de covoiturage qui acceptent ce moyen de paiement.
- **Suncontract** [45] (<https://suncontract.org/>) est une plateforme slovène d'échanges de l'énergie qui utilise la technologie blockchain pour créer un nouveau modèle économique qui permet de vendre et d'acheter de l'électricité entre citoyen.ne.s. Elle a été lancée en avril 2018 et fonctionne sans intermédiaire, les opérations sont exécutées automatiquement, et les utilisateurs sont libres de gérer leurs opérations en fonction de leurs besoins, de leur production d'énergie et de définir leur prix. La plateforme garantit une transparence et une sécurité totale des opérations.
- **Solshare** [46] (<https://www.me-solshare.com/>) est un réseau qui permet de fournir de l'énergie solaire aux populations vulnérables. Il repose sur un échange direct peer-to-peer de l'énergie solaire via une plateforme qui utilise la technologie blockchain.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté dans un premier temps, quelques domaines de recherche qui sont en liaison directe avec le problème étudié, ces domaines incluent : La blockchain est une technologie qui crée des opportunités spécifiques aux yeux de différents acteurs. Certains la perçoivent comme un outil capable de désintermédier la confiance avec la création d'applications décentralisées leur permettant d'interagir les uns avec les autres et d'échanger de la valeur sans aucun intermédiaire de confiance. D'autres la voient comme un outil de libération ou d'émancipation individuelle ; comme un moyen de promouvoir la collaboration entre différents acteurs, grâce à des mécanismes de coordination et de consensus distribués. D'autres encore la condamnent comme une technologie utilisée essentiellement par des criminels, désireux d'échapper aux règles de droit en s'appuyant sur des infrastructures qui opèrent au-delà du contrôle de toute autorité souveraine. Quelles qu'en soient les raisons, tous sont d'accord sur un même point : la blockchain est une technologie de rupture, susceptible de transformer l'ordre économique, social et politique de notre société. Mais à quel type de transformation devons-nous nous attendre ?

La blockchain, comme toute autre technologie, « n'est ni bonne ni mauvaise ; mais elle n'est pas neutre non plus ». Cette citation du professeur Melvin Kranzberg (1986) illustre parfaitement la dualité qui se retrouve inévitablement au sein de chaque technologie. Si une technologie n'est rien d'autre qu'un outil au service de ceux qui s'en servent, la blockchain sera, elle aussi, utilisée par différents acteurs afin de créer de nouveaux systèmes aux applications les plus variées...

CHAPITRE 2

LA CADASTRE SUR LA BLOCKCHAIN

2.1. Introduction

Le mot blockchain fait souvent penser aux cryptomonnaies et à

des personnes pratiquant une science obscure, mais c'est en fait une technologie qui pourrait améliorer les vies de milliards de personnes, d'une multitude de façons.

Notre première incursion dans cette université est un projet adaptative, qui a pour but de créer un cadastre - dans l'algerie - en utilisant la technologie blockchain. Cela peut sembler être une initiative à petite échelle, mais elle a du potentiel.

Prenons l'exemple de ce qui s'est passé en Haïti après le tremblement de terre dévastateur de 2010. Alors que de nombreux pays et organisations faisaient de leur mieux pour aider à la reconstruction de la nation, un obstacle faisait son apparition : il était impossible d'identifier les propriétaires légitimes de milliers de parcelles, ce qui créait des conflits.

Encore aujourd'hui, ces tensions ont un impact sur les efforts de relèvement du pays. Les projets de reconstruction sont au point mort tandis que le gouvernement et les entrepreneurs attendent que les problèmes de propriété soient résolus. Les commerces et les maisons, qui seraient nécessaires pour que les citoyens d'Haïti puissent reprendre leur vie, ne sont pas bâtis. Le système de cadastre actuel est corrompu et inefficace, et ce sont les citoyens vulnérables d'Haïti qui en souffrent le plus.

2.2. problématique

Les cadastres de dizaines de villes à travers le monde en développement souffrent de problèmes similaires. Beaucoup de citoyens ne font tout simplement pas confiance au système. Certains ne savent pas s'ils sont légalement propriétaires, bien qu'ils possèdent un acte de vente. D'autres souhaitent acheter un terrain mais ne savent pas si le vendeur le possède légalement.

Avec la technologie blockchain, nous avons la possibilité de résoudre plusieurs de ces problèmes : les enregistrements sont liés au système en permanence, de sorte que personne ne peut altérer ou falsifier ses propres dossiers. De plus, ces enregistrements peuvent être consultés par n'importe quelle partie, à tout moment. C'est une technologie puissante et significative

Grace à la blockchain, les acheteurs sont assurés qu'ils deviennent légalement propriétaires d'un terrain réel, cela réduit les conflits potentiels

capture et enregistre chaque transaction, de manière permanente, tout au long de la vente d'une propriété. De cette façon, vous obtenez une traçabilité et une transparence en temps quasi réel.

Prenons par exemple deux citoyens - un acheteur et un vendeur - qui ont négocié la vente d'une maison et souhaitent enregistrer leur acte de vente auprès des autorités locales. Ils se rendront aux bureaux des services gouvernementaux comme ils le feraient normalement, un représentant entrera alors l'acte de vente dans le système, alimenté par la technologie blockchain. Ce système enregistrera l'acte de vente en présence de l'acheteur et du vendeur. Il traitera également les approbations de ces derniers. Une fois la transaction approuvée, un transfert automatique de propriété sera effectué.

Les administrateurs sont à présent en mesure de visualiser et de surveiller l'état des propriétés et des actes de vente en temps quasi réel, ainsi que d'avoir un accès instantané à un historique transactionnel complet et permanent.

La beauté de ce système est que les citoyens engagés dans l'achat et la vente de propriétés n'auront pas besoin d'un compte blockchain ou de changer leur interaction avec le registre foncier. La technologie fonctionne simplement en arrière-plan. Cette solution augmentera également la confiance des citoyens dans le gouvernement et améliorera l'expérience client. Plus important encore, elle permettra d'améliorer la sécurité des données et d'assurer l'authenticité des registres fonciers.

2.3 Conception

Dans cette section, nous allons essayer de présenter l'analyse du système à travers deux plans de UML

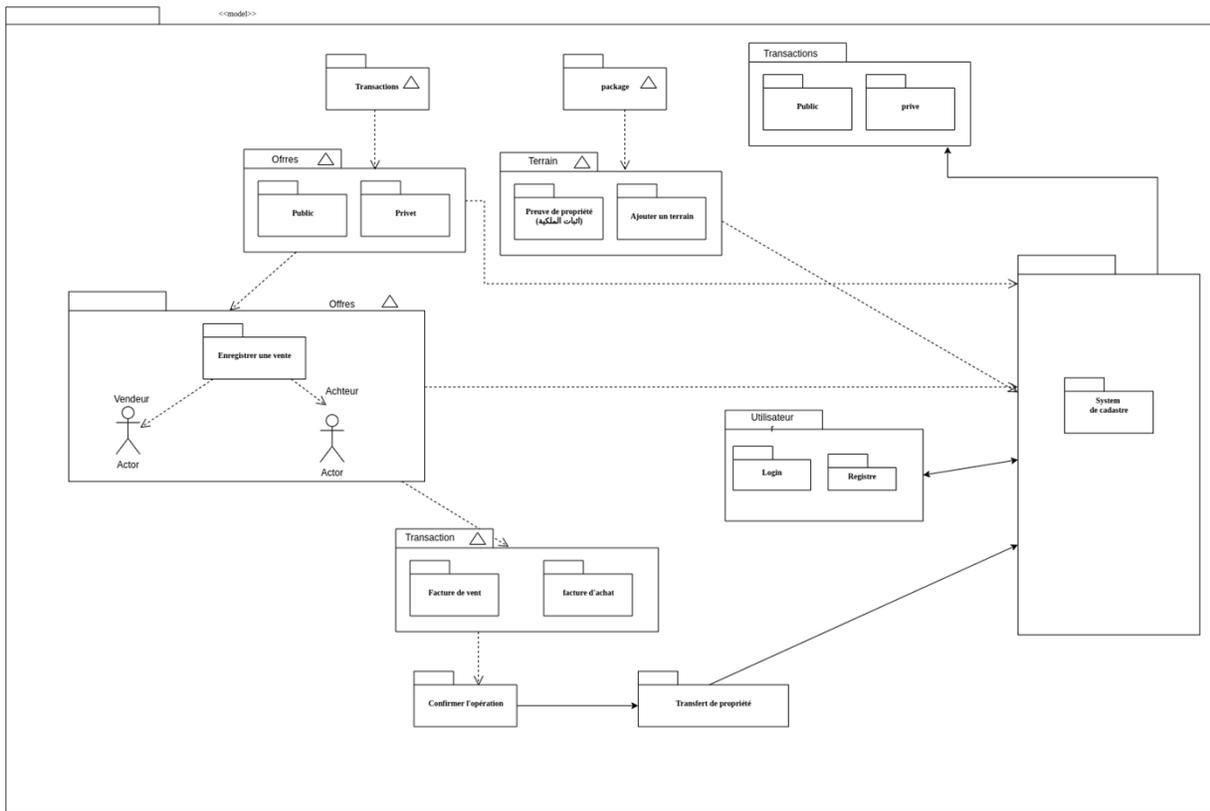
- Diagramme des packages
- Diagramme de classe

2.3.1. Diagramme des packages

Les diagrammes de packages la représentation graphique des relations existant entre les paquetages (ou espaces de noms) composant un système, dans le langage UML (Unified Modeling Language).

Les diagrammes de paquets peuvent utiliser l'utilitaire des paquets pour illustrer les différents canapés de l'architecture et les canapés d'un système logiciel. Les dépendances entre paquets peuvent être parés d'étiquettes ou de stéréotypes pour indiquer les mécanismes de communication entre les canapés. [47]

Dans ce diagramme, nous allons montre toutes les étapes du travail de la plateforme de début à la fin



7. Figure 2.1 Diagramme de package

2.3.2. Diagramme de classe

Le diagramme de classes est un schéma utilisé en génie logiciel pour présenter les classes et les interfaces des systèmes ainsi que les différentes relations entre celles-ci. Ce diagramme fait partie de la partie statique d'UML car il fait abstraction des aspects temporels et dynamiques.

Dans ce diagramme, nous allons montre toutes les classes et les interfaces utiliser a la plateforme

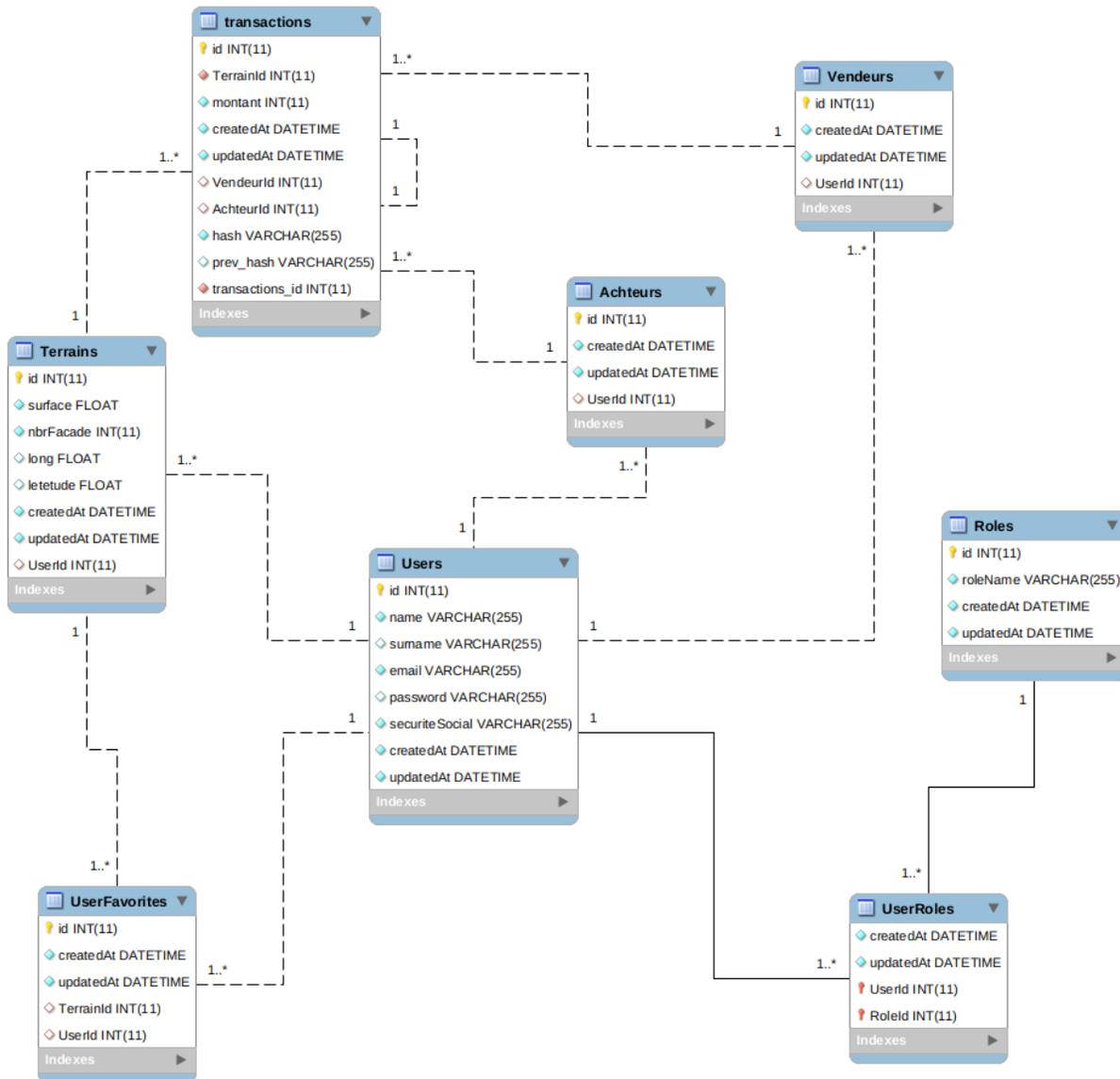


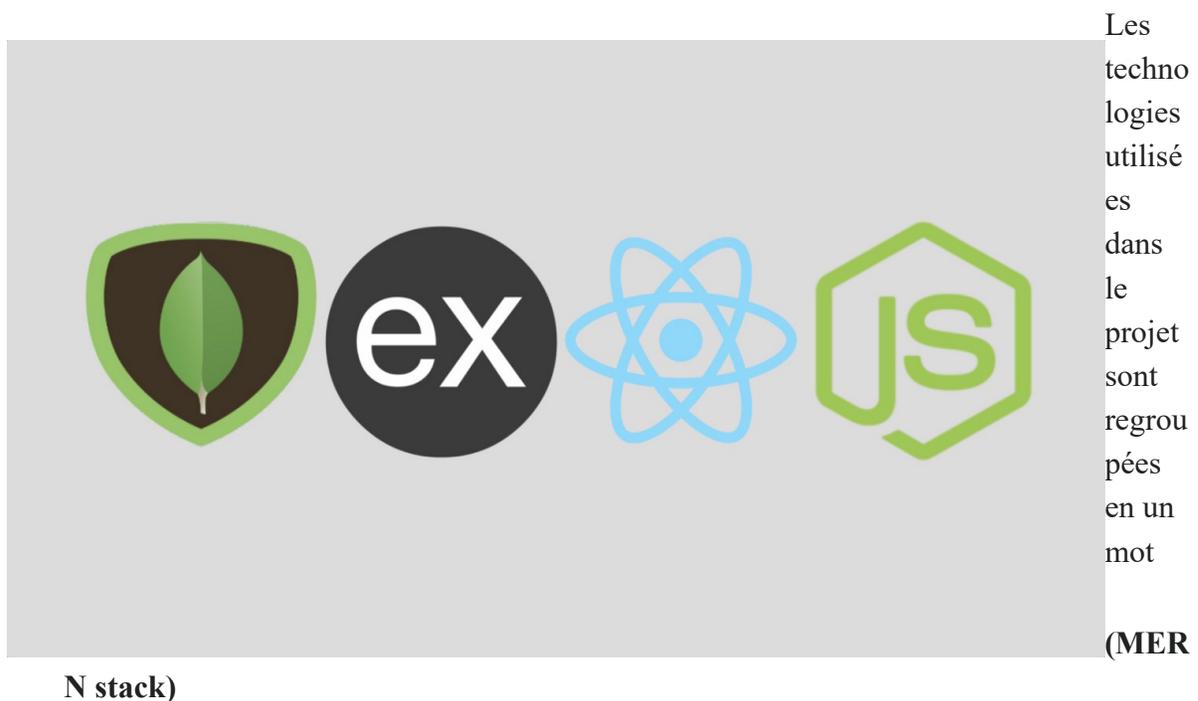
Figure 2.2 Diagramme de classe

2.4 implementation

Dans cette section, nous allons expliquer les étapes de programmation pour matérialiser l'idée de projet selon l'étape de conception à travers les points suivants :

- Technologies utilisées
 - Back-End de platform
 - Front-End de platform
 - Des points plus importants
-

2.4.1 Technologies utilisées



Qu'est-ce que le mot(MERN stack)?

Figure 2.3 : Mern stack [50]

MERN est l'acronyme de MongoDB, Express JS, React JS et Node JS. La pile MERN est une combinaison des technologies ci-dessus, toutes basées sur JavaScript, utilisées pour créer des applications Web avancées. Il s'agit d'un framework de développement open source full stack, c'est-à-dire qu'il fournit des composants de développement front-end à back-end entiers. Alors que MongoDB, Express JS et Node

JS sont les composants communs (entre MEAN et MERN); **Angular JS** est remplacé par **React JS** dans MERN.[49]

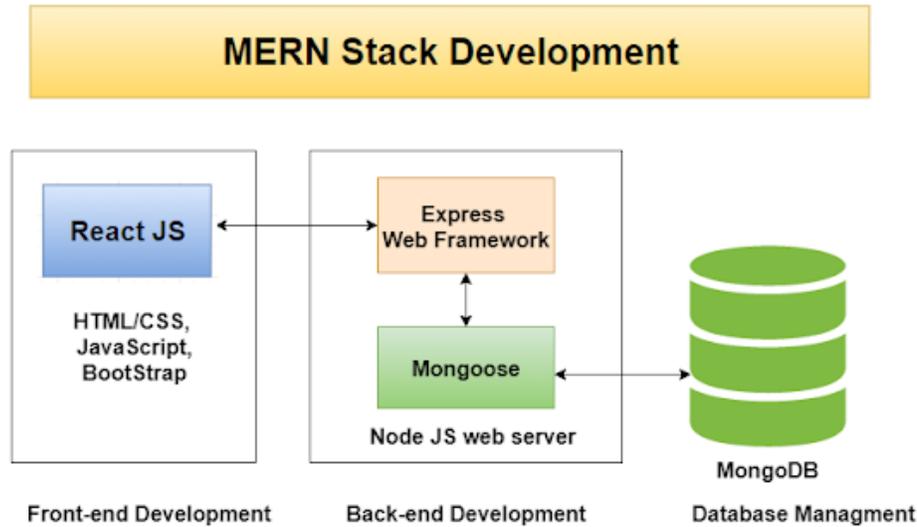


Figure 2.4: Mern stack l'acronyme [51]

MongoDB :

MongoDB est un SGBD open source, multiplateforme, NoSql. C'est une base de données orientée document, ce qui signifie que les données sont enregistrées à l'aide de collections et de documents, au lieu de tables et de lignes, comme les bases de données relationnelles. Cela permet une intégration des données plus facile et plus rapide dans les applications.

Express JS : est un cadre modulaire et léger du Node JS, qui aide à créer des applications Web.

-C'est un framework côté serveur, back-end, basé sur JavaScript, qui est conçu pour écrire des applications simplifiées, rapides et sécurisées.

React JS : est une bibliothèque JavaScript open source utilisée pour créer des interfaces utilisateur, généralement pour les applications d'une seule page.

React JS permet aux développeurs de modifier / éditer et d'actualiser la page pour afficher les changements sans avoir à redémarrer ou recharger la page.

React JS offre la possibilité de réutiliser le code sur plusieurs plateformes.

-C'est rapide et évolutif.

Node JS : est un environnement d'exécution JavaScript open source multiplateforme.

Il est conçu pour exécuter le code JavaScript en dehors du navigateur, côté serveur.

2.4.2 - Back-End de plaform (du côté serveur)

Qu'est-ce que le développement backend?

Back-end Development fait référence au développement côté serveur. C'est le terme utilisé pour les activités en arrière-plan qui se produisent lors de l'exécution de toute action sur un site Web. Il peut s'agir de la connexion à votre compte ou de l'achat d'une montre dans une boutique en ligne.

Back-end Development se concentre sur les bases de données, les scripts et l'architecture des sites Web. Le code écrit par les développeurs principaux aide à communiquer les informations de la base de données au browser

Nous avons construit Back-end la plateforme à travers :

Langages de développement Web(Node JS)

Base de données et cache (MongoDB)

Serveur (Express js)

API (REST & SOAP)

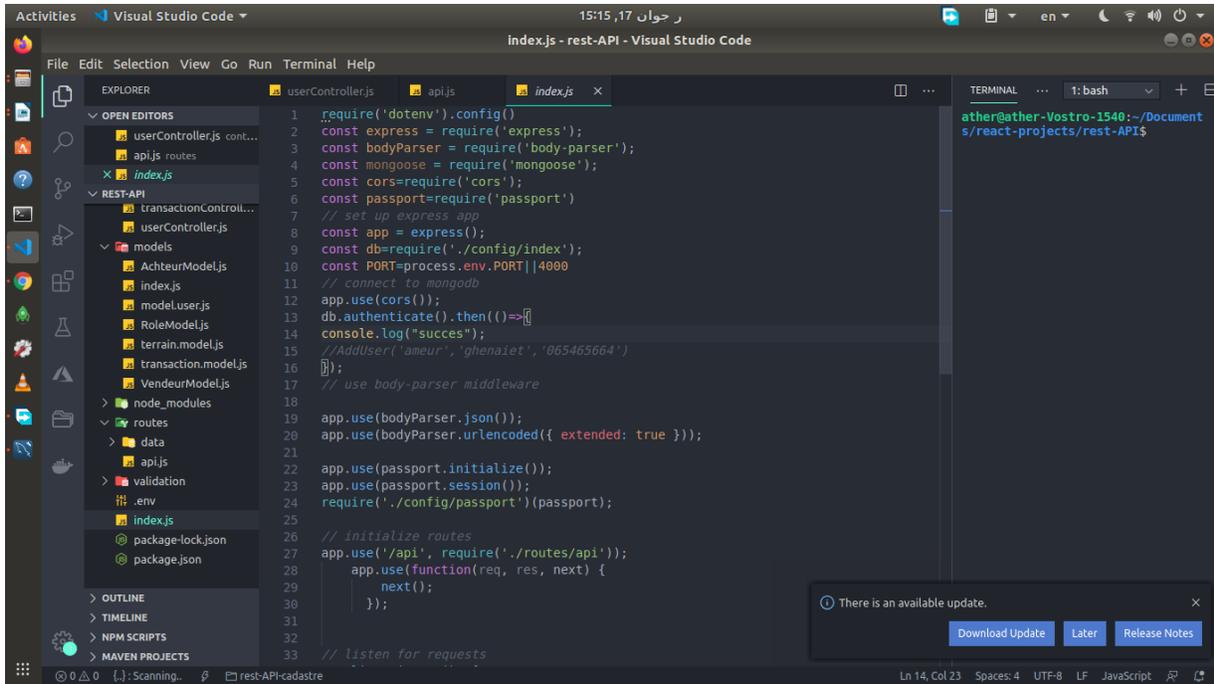


figure 2.5 Back-end implementation

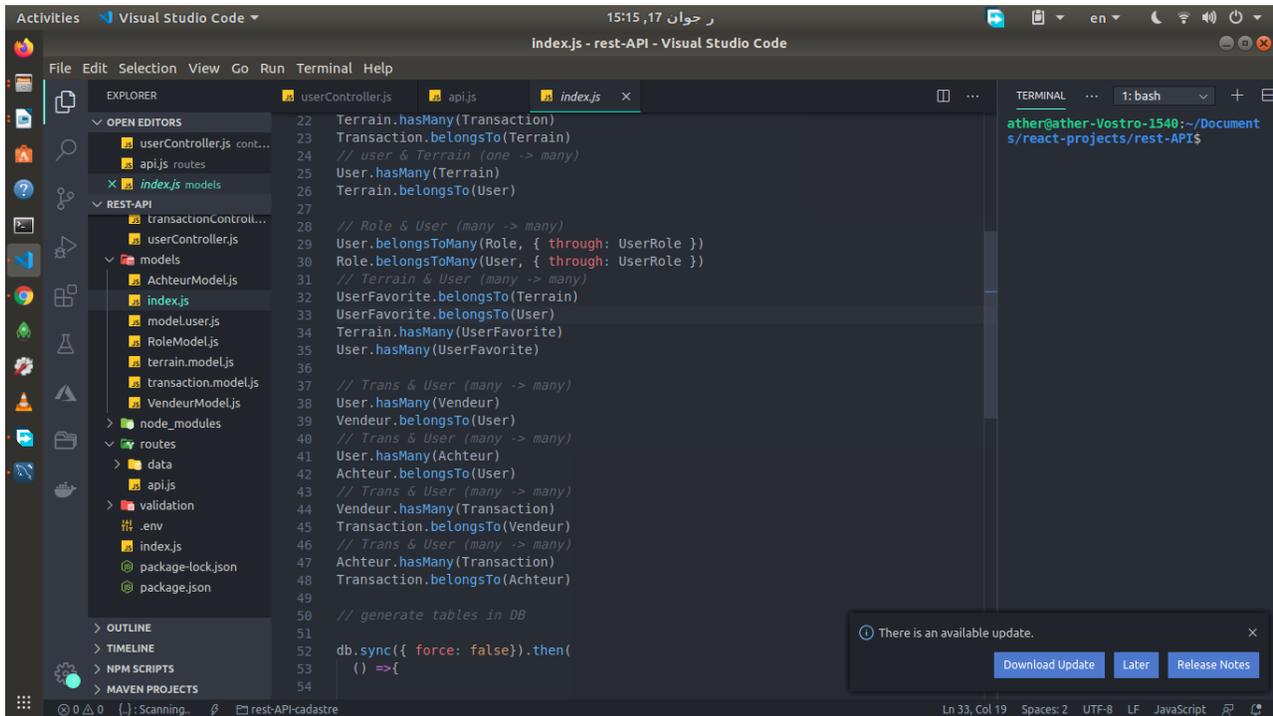


Figure 2.6 Back-end implementation 2

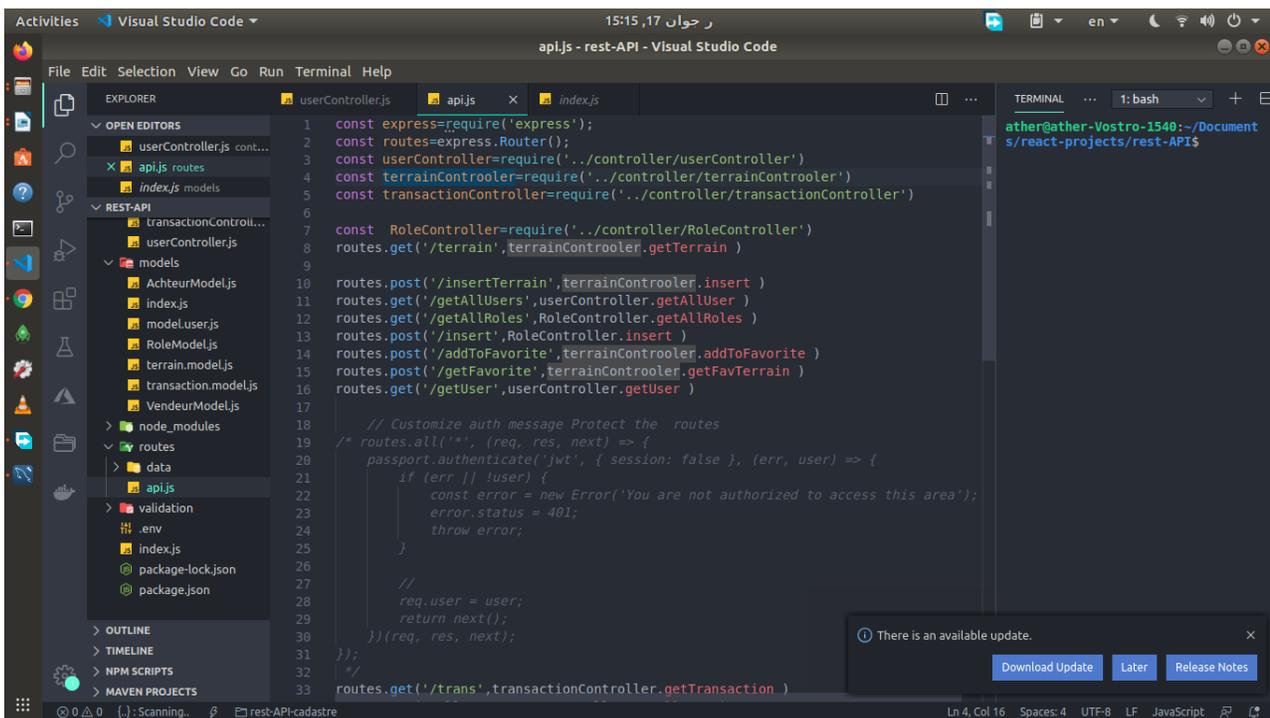


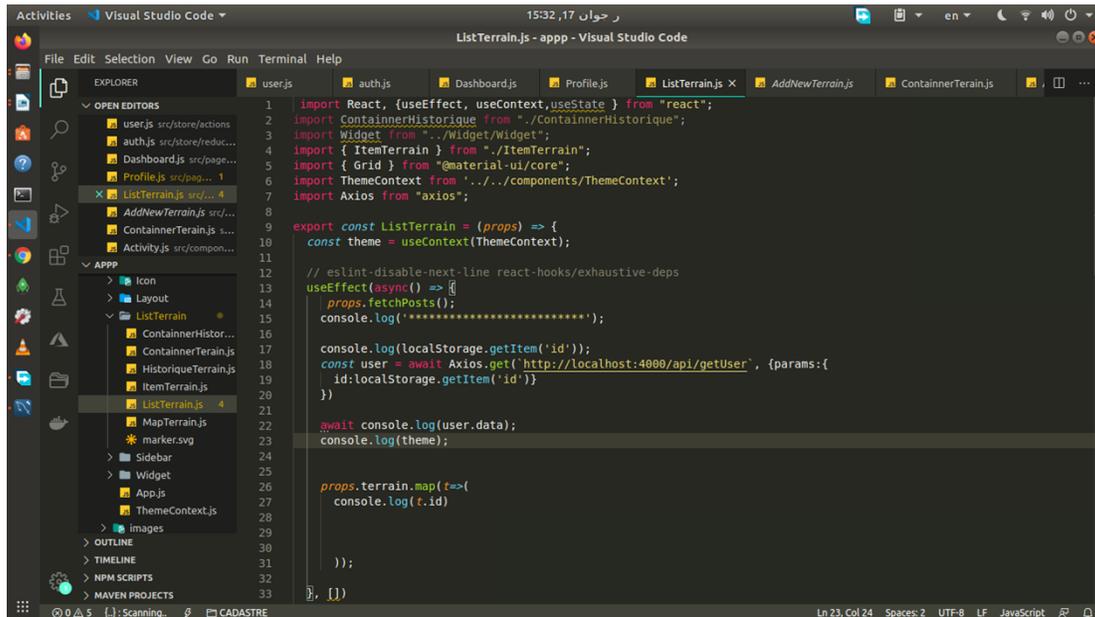
figure 2.7 Back-end implementation de REST API

2.4.3 Front-End de plaform (du côté client)

Front-End également appelé développement côté client, consiste à produire du HTML, du CSS et du JavaScript pour un site Web ou une application Web afin qu'un utilisateur puisse les voir et interagir directement avec eux. Le défi associé au développement frontal est que les outils et techniques utilisés pour créer le frontal d'un site Web changent constamment et que le développeur doit donc être constamment informé de l'évolution du domaine.

Dans ce projet, nous avons utilisé la bibliothèque JavaScript **Reactjs** pour créer des interfaces utilisateurs

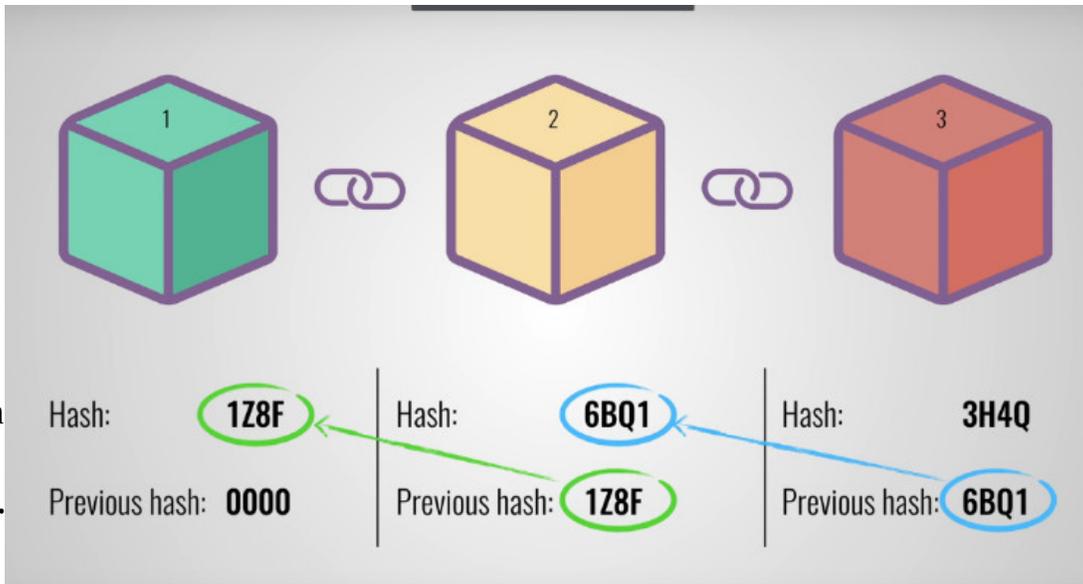
Grâce à React, il est facile de créer des interfaces utilisateurs interactives. Définissez des vues simples pour chaque état de votre application, et lorsque vos données changeront, React mettra à jour, de façon optimale, juste les composants qui en auront besoin.



```
1 import React, {useEffect, useContext, useState} from "react";
2 import ContainerHistorique from "../ContainerHistorique";
3 import Widget from "../Widget/Widget";
4 import { ItemTerrain } from "../ItemTerrain";
5 import { Grid } from "@material-ui/core";
6 import ThemeContext from "../components/ThemeContext";
7 import Axios from "axios";
8
9 export const ListTerrain = (props) => {
10   const theme = useContext(ThemeContext);
11
12   // eslint-disable-next-line react-hooks/exhaustive-deps
13   useEffect(async() => {
14     props.fetchPosts();
15     console.log('*****');
16
17     console.log(localStorage.getItem('id'));
18     const user = await Axios.get('http://localhost:4000/api/getUser', {params:{
19       id:localStorage.getItem('id')}
20     })
21
22     await console.log(user.data);
23     console.log(theme);
24
25     props.terrain.map(t=>{
26       console.log(t.id)
27     });
28   });
29
30   });
31
32
33 }
```

nt-end implementation

L'utilité du hachage pour la chaîne de blocs :



CryptoJS



ryptoJs

CryptoJS est une collection croissante d'algorithmes cryptographiques standard et sécurisés implémentés en JavaScript utilisant les meilleures pratiques et modèles. Ils sont rapides et ont une interface cohérente et simple

Les algorithmes Hashage :

MD5 : MD5 est une fonction de hachage largement utilisée. Il a été utilisé dans diverses applications de sécurité et est également couramment utilisé pour vérifier l'intégrité des fichiers. Cependant, MD5 n'est pas résistant aux collisions et ne convient pas aux applications telles que les certificats SSL ou les signatures numériques qui s'appuient sur cette propriété.

SHA-1(Algorithme utilisé): Les fonctions de hachage SHA ont été conçues par la National Security Agency (NSA). SHA-1 est la plus établie des fonctions de hachage SHA existantes, et elle est utilisée dans une variété d'applications et de protocoles de sécurité. Cependant, la résistance aux collisions de SHA-1 s'est affaiblie à mesure que de nouvelles attaques sont découvertes ou améliorées.

SHA-256 :est l'une des quatre variantes de l'ensemble SHA-2. Il n'est pas aussi largement utilisé que SHA-1, bien qu'il semble offrir une bien meilleure sécurité.

SHA-512 : est en grande partie identique à SHA-256 mais fonctionne sur des mots de 64 bits plutôt que sur 32.

ypJS prend également en charge SHA-224 et SHA-384, qui sont des versions largement identiques mais tronquées de SHA-256 et SHA-512 respectivement.

SHA-3 : est le gagnant d'un concours de cinq ans pour sélectionner un nouvel algorithme de hachage cryptographique où 64 conceptions concurrentes ont été évaluées

2.5 Resultat du travail

Conclusion Générale

L' objective de ce travail est de présenter une nouvelle methode de gérance des operation d'(arpentage) par l'integration de technique blockchaine dans les opérations de preuve de propriété et les registres d'achats et de ventes...etc

Grâce à cette technologie, maintenant nous avons la capacité de résoudre de nombreux problèmes auxquels étaient confrontées les opérations d'arpentage, y compris la liaison permanente des enregistrements avec le système afin que personne ne puisse modifier leurs propres enregistrements ou les falsifier. De plus, les acheteurs sont assurés qu'ils possèdent des terres légalement, ce qui réduit les risques de conflits entre les gens

Nous avons également la possibilité d'enregistrer toutes les transactions en permanence à partir de la possibilité de 0% de falsification

de fraude ou de violation du système et de cette façon, vous pouvez obtenir un suivi et une transparence en temps réel,

Nous avons aussi la possibilité de voir les terrains d'une façon directe sur la carte en ligne, et de fournir tous les informations qui les concerne.

Comme ça la confiance entre les citoyens et l'état sera augmenté et l'expérience client s'améliorera et, plus important encore, la sécurité des données sera améliorée et nous garantirons la validité des registres fonciers.

BIBLIOGRAPHIE

- [01] Philip Boucher, Comment la technologie de la chaîne de blocs pourrait changer nos vies, Parlement européen, Service de recherche, février 2017
Philip Boucher, Comment la technologie de la chaîne de blocs pourrait changer nos vies, Parlement européen, Service de recherche, février 2017
- [02] Primavera De Filippi, Blockchain et cryptomonnaies, Que sais-je ?, novembre 2018.
- [03] Jean-Paul Delahaye, « Les blockchains, clefs d'un nouveau monde », Pour la Science, n° 449, mars 2015.
- [04] Définition de Blockchain France.
- [05] R. Plamondon and G. Lorette. Automatic signature verification and writer identification – the state of the art. In
- [06] Ibidem.
- [07] Primavera de Filippi, op.cit.
- [08] Un token est un actif numérique transférable entre individu, instantanément et sans passer par une autorité centrale. C'est l'unité de base

- [09] Thomas Dupont, « Blockchain : introduction et applications », Etopia, 09/04/2018.
- [10] Comprendre la blockchain, Livre blanc sous licence Creative Commons, édité par uchange.co, janvier 2016.
- [11] Jean-Paul Delahaye, op. cit.
- [12] Vitalik Buterin, « The Meaning of Decentralization », Medium, 06/02/2017. Supplement 1, April 2018, Page S33.
- [13] Matthieu Montalban, « Bitcoin, crypto-monnaies et blockchain : mirage ou miracle ? », Alternatives économiques, 18/11/2017.
- [14] Une crypto-monnaie est une monnaie électronique supportée par un réseau informatique décentralisé (en pair à pair) et dont les transactions et l'émission reposent sur des algorithmes cryptographiques. Les crypto-monnaies fonctionnent grâce à la technologie blockchain.
- [15] Claire Fénéron Plisson, « La blockchain, un bouleversement économique, juridique voire sociétal », I2D – Information, données & documents, (Volume 54), p. 20-22, mars 2017.
- [16] Thomas Dupont, op.cit.
- [17] Ibidem.
- [18] Comprendre la blockchain, op. cit.
- [19] Jean-Paul Delahaye, op.cit.
- [20] Claire Fénéron Plisson, op. cit.
- [21] Groupe AXA, « AXA se lance sur la Blockchain avec fizzy », 13/09/2017.
- [22] Evaluation of the blockchain vote in the city of Zug, Stadt Zug, 30/11/2018.
- [23] <http://www.mediachain.io/>
- [24] Béatrice Héraud, « Provenance met la blockchain au service de la traçabilité alimentaire », Novethic, 17/01/2018.
- [25] <https://www.provenance.org/>

- [26] <http://monnaie-leman.org/>
- [27] Bénédicte Martin, « Le numérique au secours des monnaies locales et complémentaires », Netcom, n°32, 2018.
- [28] Image en ligne consultée le 10/04/2019 : <https://bit.ly/2Z08eMa>
- [29] L'anarcho-capitalisme est la combinaison du libéralisme ainsi que d'une philosophie individualiste. Selon ce courant politique, l'État serait illégitime et menacerait la liberté individuelle et la liberté économique.
- [30] Interview de David Golumbia, Usbek & Rica, 04/03/2019.
- [31] Ibidem.
- [32] Matthieu Montalban, op.cit.
- [33] Philip Boucher, op. cit.
- [34] Michel Bauwens, intervention lors du séminaire « Smart and circular cities: dream or reality? », 21/02/2019, Bruxelles.
- [35] Interview de Michel Bauwens : « Un rêve technocratique totalitaire », Le Monde, 15/04/2016.
- [36] Ibidem.
- [37] Le Labo de l'ESS, Plaidoyer pour l'ESS européenne, pour une Europe des territoires et des citoyens, février 2019.
- [38] European Commission(1), Social Business Initiative Creating a favorable climate for social enterprises, key stakeholders in the social economy and innovation, 25/10/2011
- [39] José Luis Monzón et Rafael Chaves, L'économie sociale dans l'Union européenne, Centre international de recherches et d'information sur l'économie publique, sociale et coopérative (CIRIEC), 2012
- [40] European Commission (2), The Social Business Initiative of the European Commission, 18/12/2015.
- [41] European Commission (1), op. cit.
- [42] Le Labo de l'ESS, op. cit.
- [43] (<http://lazooz.org/>)
- [44] (<https://www.ridygo.fr/>)

- [45] (<https://suncontract.org/>)
- [46] (<https://www.me-solshare.com/>)
- [47] https://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme_des_paquetages
- [48] https://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme_de_classes
- [49] <https://medium.com/@digimktg/what-is-mern-stack-9c867dbad302>
- [50] Img Source : agileengine.com
- [51] Img Source : topzenith.com
- [52] Guru99.com

I. 1. Introduction

Le terme mobilité est la capacité ou la facilité d'un objet ou d'une personne à se déplacer par rapport à un lieu, à un objet ou un ensemble d'objets de même nature. Dans les domaines des réseaux, la mobilité se traduit par la possibilité que certains nœuds peuvent passer d'une cellule à une autre sans perdre la liaison.

Dans cette partie de travail il est intéressant de présenter les particularités des réseaux en général et aussi les particularités des réseaux ad hoc avant d'examiner en détail le protocole de routage réactif AODV dans le chapitre 2.

I. 2. Définition d'un réseau

Le terme générique « réseau » définit un ensemble des nœuds (objets, personnes, etc.) interconnectées les unes avec les autres. Un réseau permet ainsi de faire circuler des données entre chacune de ces nœuds selon des règles bien définies [1].

I. 3. Types des réseaux

On distingue deux types de réseau (réseau filaire et réseau sans fil), les réseaux sans fils peuvent être des réseaux mobiles.

I. 3.1. Réseau filaire

Ensemble des nœuds reliés entre eux grâce à des lignes physiques et échangeant des informations sous forme de données numériques [1].

I. 3.1.1. Classification des réseaux filaires

- ✓ LAN (local area network)
- ✓ MAN (metropolitan area network)
- ✓ WAN (wide area network)

a) les LAN

LAN signifie Local Area Network (en français Réseau Local), Il s'agit d'un ensemble des nœuds appartenant à une même organisation et reliés entre eux dans une petite aire géographique par un réseau, souvent à l'aide d'une même technologie (la plus répandue étant Ethernet).

Un réseau local est un réseau sous forme plus simple. La vitesse de transfert de données d'un réseau local peut être entre 10 Mbps (pour un réseau Ethernet par exemple) et 1 Gbps (en FDDI ou Gigabit Ethernet par exemple). La taille d'un réseau local peut atteindre jusqu'à 100 voire 1000 utilisateurs [1].

b) les MAN

Les MAN (Metropolitan Area Network) interconnectent plusieurs LAN géographiquement proches (au maximum quelques dizaines de km) à des débits importants. Ainsi un MAN permet à deux nœuds distants de communiquer comme si ils faisaient partie d'un même réseau local [1].

Un MAN est formée de commutateurs ou de routeurs interconnectés par des liens hauts débits (en général en fibre optique).

c) les WAN

Un WAN (Wide Area Network ou réseau étendu) interconnecte plusieurs LANs par des grandes distances géographiques.

Les débits disponibles sur un WAN résultent d'un arbitrage avec le coût des liaisons (qui augmente avec la distance) et peuvent être faibles.

Les WAN fonctionnent grâce à des routeurs qui permettent de "choisir" le trajet le plus approprié pour atteindre un nœud du réseau.

I. 3.2. Réseau sans fil

Ensemble des nœuds basés sur des liaisons utilisant des ondes radioélectriques (radio et infrarouges) au lieu et à la place des câbles habituels [2].

On distingue habituellement plusieurs catégories de réseaux sans fil, selon le périmètre géographique

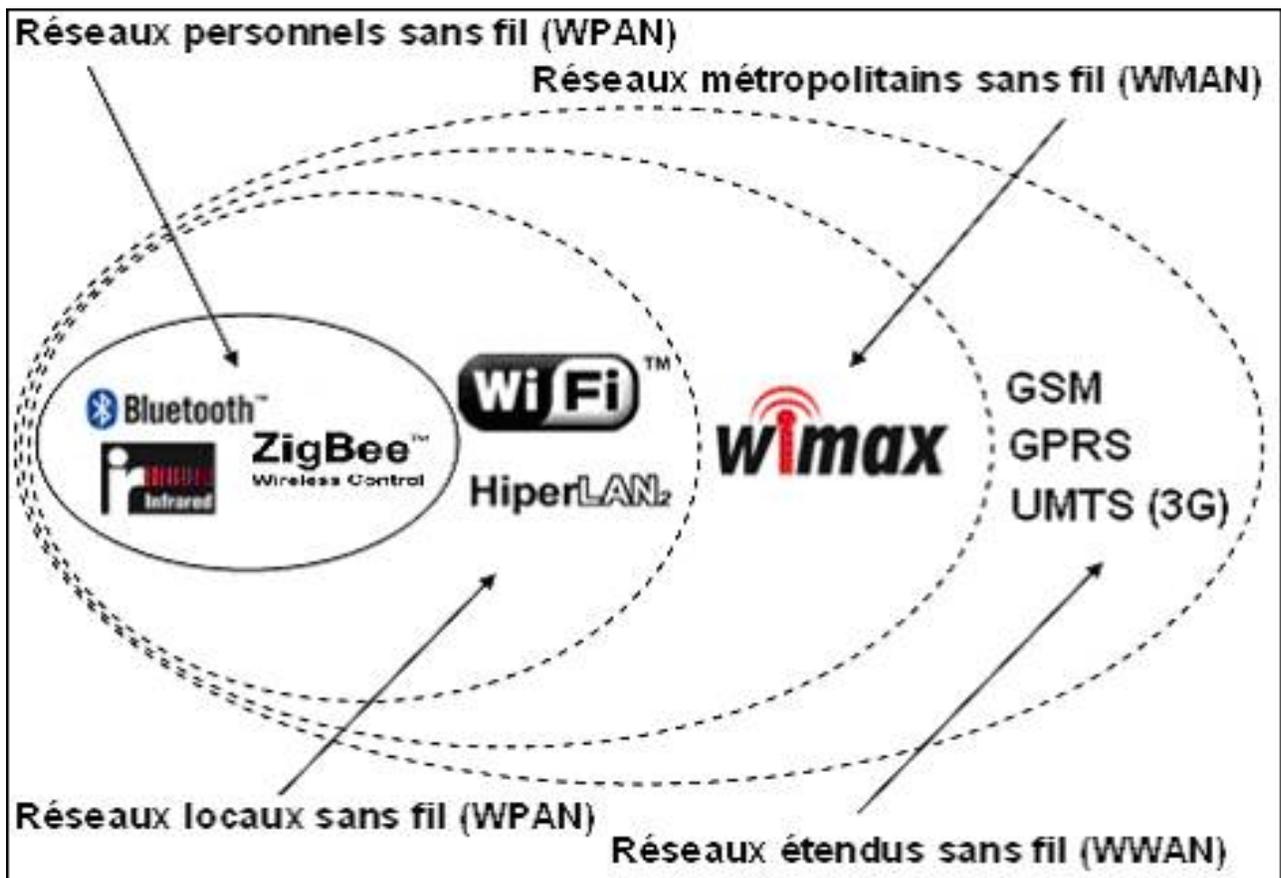


Figure I.1 Différents types des réseaux sans fil.

I. 3.2.1. Classification des réseaux sans fil

On distingue deux critères, Le premier est la zone de couverture du réseau. Le second critère est l'infrastructure ainsi que le modèle adopté [3].

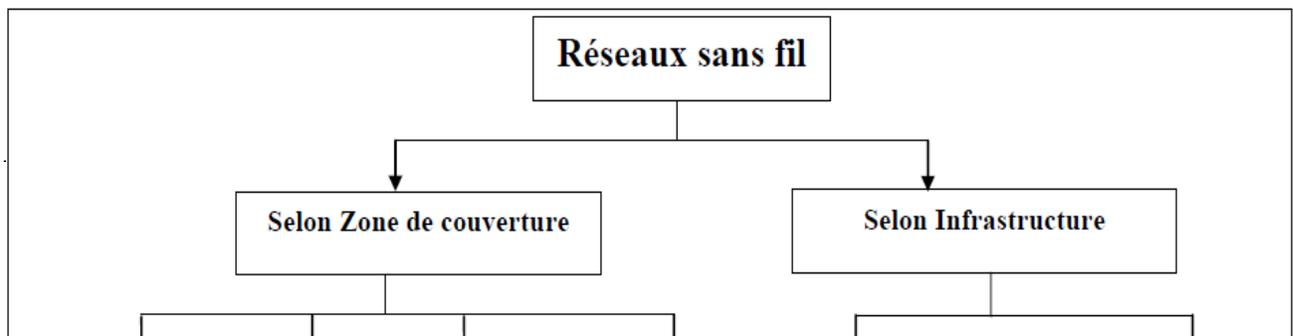


Figure I.2 Classification des réseaux sans fil.

I. 3.2.1.1. Selon la zone de couverture

a) Réseaux personnels sans fil (WPAN)

Wireless Personal Area Network (WPAN), sont des réseaux sans fil à très faible portée, de l'ordre d'une dizaine de mètres. Ils sont le plus souvent utilisés à faire communiquer entre eux des matériels présents sur une personne (par exemple une oreillette et un téléphone portable) [4].

Il existe plusieurs technologies permettant la mise en œuvre de tels réseaux qui sont:

✓ Bluetooth

La norme Bluetooth (pris en charge par IEEE 802.15.1) est une technologie à basse consommation énergétique de moyen débit, elle permet d'atteindre un débit maximal théorique de 1Mbps (environ 720Kbps effectif) [4].

✓ ZigBee

Le standard IEEE 802.15.4 propose une norme pour les couches physique et liaison de données, orientée très faible consommation énergétique, qui rend cette technologie bien adaptée à de petits appareils électroniques (appareils électroménagers, hifi, jouets,...) [4].

✓ Infrarouge

Avant l'arrivée des technologies radio comme le Wi-Fi et le Bluetooth, il était malgré tout possible de transférer des données sans fil entre deux appareils, grâce à l'infrarouge [4].

b) Réseaux locaux sans fil (WLAN)

La même définition avec les LAN des réseaux filaire mais ici sans fil à base des liaisons radioélectriques. Mais également chez les particuliers. par exemple:

- ✓ IEEE 802.11, WiFi (Wireless Fidelity)

IEEE 802.11 ou WIFI est un standard international décrivant les caractéristiques du réseau LAN sans fil (WLAN). Il connecte des ordinateurs portables, des équipements de bureau, des équipements personnels (PDA)... en créant un réseau sans fil couvrant un rayon de dizaines de mètres et tolérant une mobilité à très petite vitesse [4].

c) Réseaux métropolitains sans fil (WMAN)

Les réseaux métropolitains sans fil ou Wireless Metropolitan Area Network (WMAN) sont aussi connus de boucle locale radio (BLR). Avec un taux de transmission radio théorique pouvant atteindre 74 Mbit/s pour IEEE 802.16, plus connu sous le nom commercial de WIMAX, Les réseaux basés sur la technologie IEEE 802.16 ont une portée de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres (50km de portée théorique annoncée) [4].

d) Réseaux étendu sans fil (WWAN)

Les réseaux sans fil (WWAN pour Wireless Wide Area Network). Cette catégorie possède assez peu de technologies à l'heure actuelle. Les seules technologies de WWAN disponibles sont des technologies utilisant les satellites géostationnaires ou en orbite basse pour relayer l'information entre plusieurs points du globe [4].

Parmi les principales technologies, dans ce type de réseaux, sont les suivantes :

- ✓ GSM

Le réseau GSM (Global System for Mobile communication) constitue au début du 20^e siècle, La norme GSM autorise un débit maximal de 9.6kbps, ce qui permet de transmettre la voix ainsi que des données numériques de faible volume, par exemple des messages textes ou des messages multimédias, ce réseaux est le standard de téléphonie mobile le plus utilisé [4].

- ✓ GPRS

Le GPRS (General Packet Radio Services) est une technologie de radiocommunication par commutation de paquets pour les réseaux de GSM. Les connexions des services de GPRS sont toujours ouvertes afin d'offrir aux utilisateurs des terminaux mobiles une disponibilité de réseau identique à celle qu'ils pourraient atteindre par des réseaux d'entreprise. Le GPRS offre une connectivité d'IP de bout en bout, du terminal GPRS jusqu'à n'importe quel réseau IP. Les terminaux peuvent être intégrés efficacement aux réseaux Internet. La vitesse "utile" sera d'environ 40 Kb/s (vitesse maximum : 171 Kb/s) [4].

I. 3.2.1.2. Selon l'infrastructure

Les environnements mobiles sont des systèmes composés des nœuds mobiles et qui permettent à leurs utilisateurs d'accéder à l'information indépendamment de leurs positions géographiques. Les réseaux mobiles ou sans fil [3].

I. 3.3. Les réseaux mobiles

Un réseau mobile est un système composé des nœuds reliés les uns aux autres par des liaisons de communication sans fil. Ces nœuds sont libres de se déplacer sans perdre leurs connexions au réseau [2].

I. 3.3.1. Classification des réseaux mobiles

Nous pouvons classer les réseaux mobiles en deux classes: les réseaux sans fil avec une infrastructure préexistante et fixe (telle que le GSM) et les réseaux sans fil sans infrastructure (tels que les réseaux ad hoc) [2].

I. I. Réseaux mobile avec infrastructure

L'intégration de

1-sites fixes appelés stations de support mobiles et équipés d'une interface de communication sans fil pour la communication directe avec des sites ou des unités mobiles

2-sites mobiles pouvant être, à un instant donné, directement connectés à une seule station de base

Les sites fixes sont interconnectés via un réseau de communication filaire généralement fiable et à haut débit. [2]

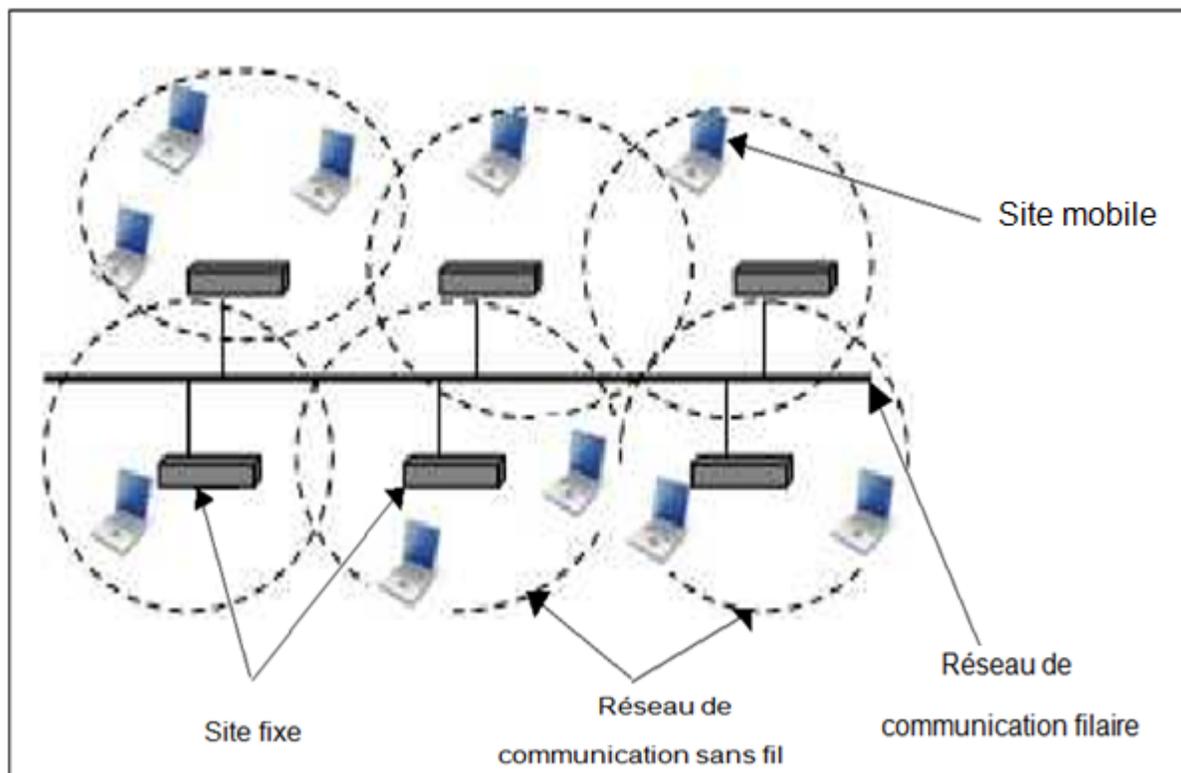


Figure I.3 - Modèle des réseaux mobiles avec infrastructure.

I. II. Réseaux mobile sans infrastructure

Le modèle de réseau mobile sans infrastructure préexistante 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 a la découverte et a la maintenance des chemins pour les autres hôtes du réseau [1].

C'est ce que je vais développer dans ce chapitre car c'est la base de mon projet.

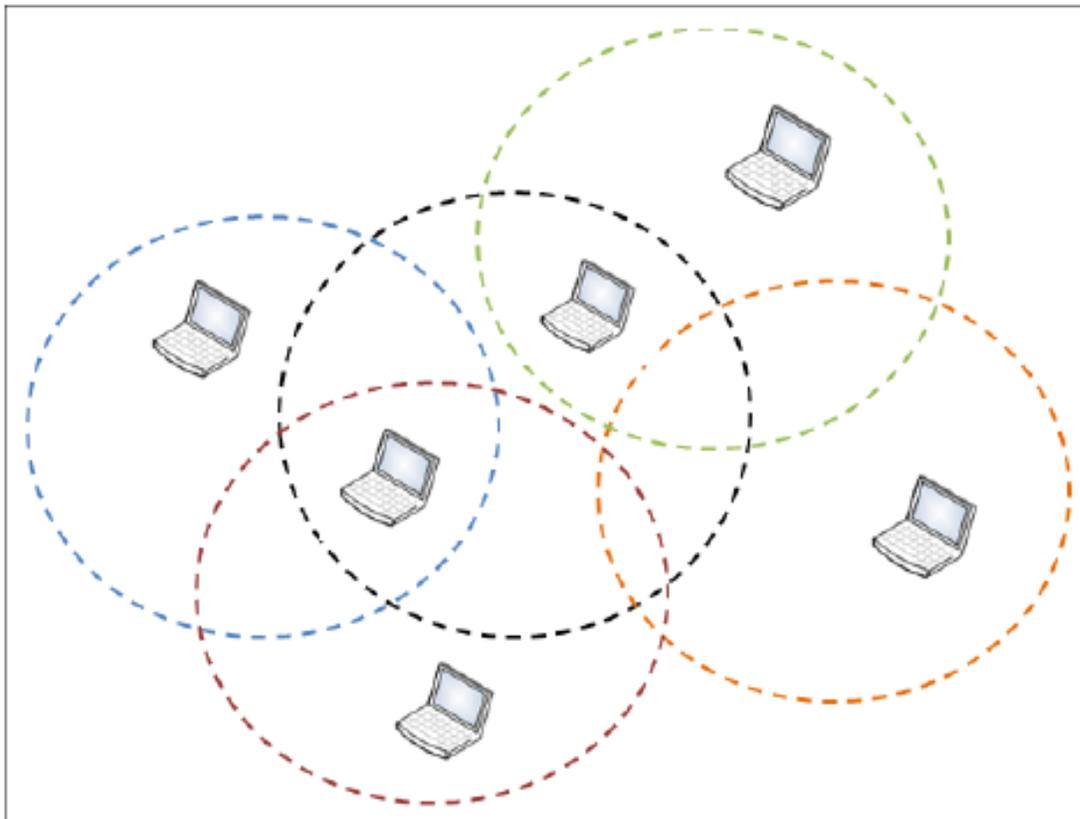


Figure I.4 - Modèle des réseaux mobiles sans infrastructure.

I. 4-Les réseaux mobiles Ad hoc (MANETS):

Le réseau mobile ad hoc (MANET) est un environnement mobile constitué d'une population importante et relativement dense d'unités mobiles se déplaçant dans n'importe quel territoire. Les interfaces sans fil s'organisent automatiquement sans l'aide d'une infrastructure préexistante ni d'une administration centralisée [1].

Les MANET doivent pouvoir s'adapter aux conditions de propagation, au trafic et aux divers mouvements qui peuvent survenir pour intervenir au sein des nœuds mobiles contrairement aux systèmes de communication cellulaires basés sur l'utilisation de réseaux filaire (tels qu'Internet ou ATM) et la présence de stations de base couvrant les différentes unités mobiles du système [1].

I. 4.1-Caractéristiques des réseaux Ad Hoc:

Les réseaux mobiles Ad Hoc présentent plusieurs caractéristiques, à savoir [5]:

a) **Topologie dynamique:** La topologie du réseau peut changer, à des moments imprévisibles, de manière rapide et aléatoire en raison des unités mobiles du réseau qui se déplacent de manière libre et arbitraire.

b) **Routage par relais:** Dans un réseau Ad hoc, un terminal peut communiquer directement avec les terminaux à sa portée (ses voisins). Lorsqu'une machine veut communiquer avec une autre se trouvant hors de sa portée, chaque nœud actif du réseau sert de routeur pour ses voisins.

c) **Absence d'infrastructure:** Les nœuds déplacent librement et chaque nœud agit en tant que routeur pour relayer les communications.

d) **L'hétérogénéité des nœuds:** Un nœud mobile peut être équipé d'une ou plusieurs interfaces radio ayant des capacités de transmission variées et opérant dans des plages de fréquences différentes. Cette L'hétérogénéité de capacité peut engendrer des liens asymétriques dans le réseau. De plus, les nœuds peuvent avoir des différences en terme de capacité de traitement (CPU, mémoire), de logiciel, de taille (petit, grand) et de mobilité (lent,

rapide). Dans ce cas, une adaptation dynamique des protocoles s'avère nécessaire pour supporter de telles situations.

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

f) **Contraintes d'énergie** : Les nœuds 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.

I. 4.2- Avantages et inconvénients

Les avantages et les inconvénients selon [5].

a) Avantages :

- ✓ **Cout** : Nécessite pas d'installer des stations de base.
- ✓ **Facile à déploiement**: L'absence du câblage et d'infrastructure donne plus de souplesse et permet de déployer un réseau Ad Hoc facilement et rapidement.

b) Inconvénients :

Limitation dues au support de transmission :

- ✓ **Sécurité difficile** : se réseau constitue une faille de sécurité importante parce que l'écoute clandestine est très simple à réaliser parce que Les signaux étant diffusés, ils peuvent être écoutés par toute station mobile se trouvant dans la même zone de couverture.
- ✓ **Débit faible** : Par comparaison aux réseaux filaires Les ondes radio ne permettent qu'un débit faible

Limitation dues aux stations mobiles:

- ✓ **Faible puissance** : Les stations mobiles doivent d'être légères, de petite taille et surtout doivent être capables de fonctionner de manière autonome (sur batterie).
- ✓ **Durée d'utilisation restreinte**: Les batteries ont une durée de vie limitée.

Modification de la topologie: Les stations pouvant être en constant déplacement, à tout moment des stations peuvent joindre ou quitter le réseau.

I. 5-Protocoles de routage

Le routage est la tâche d'acheminement de flux des données à partir des nœuds sources vers les nœuds destinations [10].

Le but principal du routage est l'établissement de routes qui respect certaines contraintes, qui assure l'échange des messages d'une manière continue entre les nœuds. Le but d'un algorithme de routage est de permettre le calcul de route entre deux nœuds au sens d'un certain critère, et la diffusion des informations nécessaires à ce calcul. Suivant la manière de création et de maintenance de routes lors de l'acheminement des données, il existe trois types de protocoles : réactif, proactif, hybride [6].

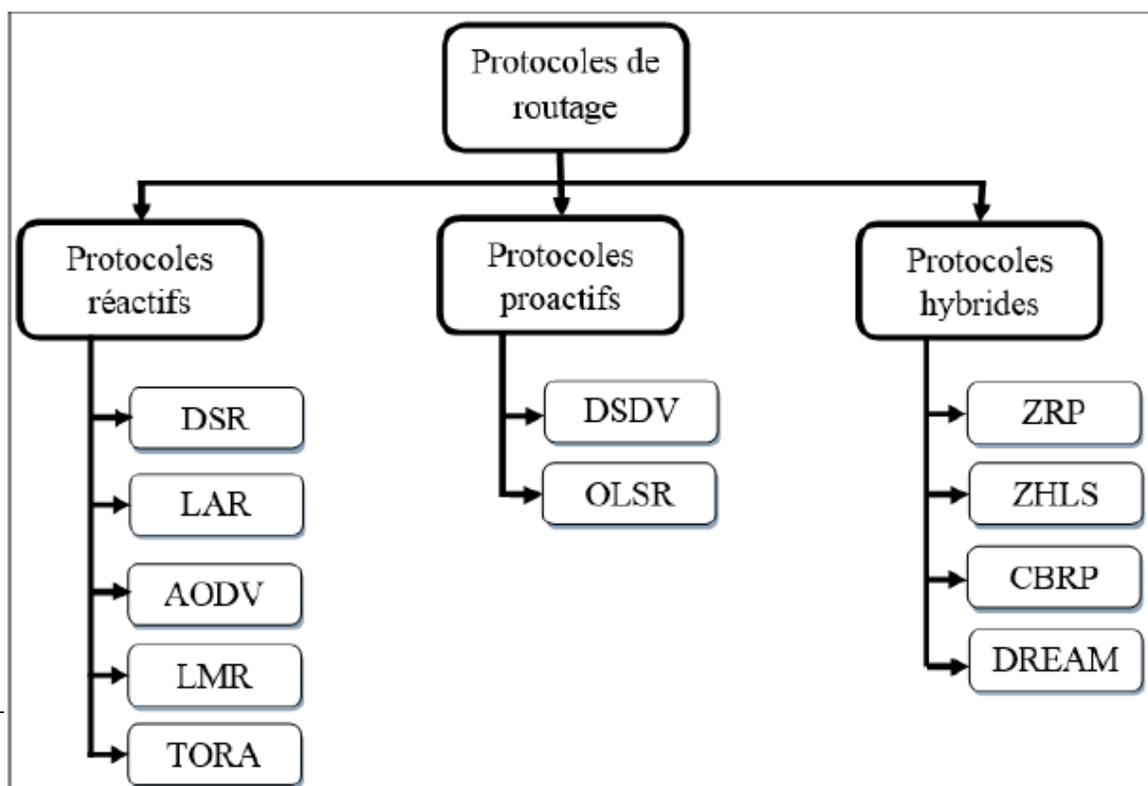


Figure I.5 : Classification des protocoles de routage.

I. 5.1-protocoles de routages réactifs :

Dans ces protocoles, la création ou la maintenance des routes se fait selon leur besoin, c'est à dire, lorsqu'une source veut transmettre des paquets de données vers une destination. Les protocoles réactifs représentent les protocoles les plus récents proposés dans le but d'assurer le service de routage dans les réseaux sans fil [2].

Les protocoles de routage appartenant à cette catégorie, créent et maintiennent les routes selon leurs besoins. Lorsque le réseau a besoin d'une route, une procédure de découverte globale de route est lancée.

a) Le protocole de routage LMR

Le protocole LMR (Lightweight Mobile Routing) emploie la méthode "source-initialisé", qui construit des routes seulement à la demande de la route. Pour construire une route vers la destination souhaitée, la source diffuse un paquet de requête dans le réseau. Aucun nœud n'envoie n'importe quel paquet de requêtes plus d'une fois (les paquets de requête dupliqués peuvent être détectés puisque chaque paquet a une marque unique qui le distingue de tous les autres). La réponse est retournée par un ou plusieurs nœuds qui ont une route vers la destination. On dit qu'un nœud a une route s'il a au moins un lien vers la destination [6].

En recevant un paquet de requête, si un nœud n'a pas une route, il rediffuse la requête à ses voisins. Si un nœud a une route, il envoie un paquet de réponse vers la source. Un paquet de réponse passe seulement par des liens non dirigés, les transformant en liens dirigés vers l'origine de la réponse. Après que la propagation de réponse est terminée, le protocole LMR construit un ensemble de multiples routes sans boucle enracinée à la destination (DAG : Directed Acyclic Graph) [11].

Le protocole garantit que tous les nœuds participant à l'inondation de réponse obtiennent une ou plusieurs routes. Les routes supplémentaires augmentent la fiabilité. En outre, si l'information de nombre de sauts est ajoutée dans le paquet de réponse, chaque nœud peut améliorer sa décision de routage en choisissant le chemin le plus court. Cependant, dans le

protocole LMR, l'optimisation a une importance secondaire ; la principale est de trouver une route rapidement de sorte qu'elle puisse être employée avant que la topologie change. Par conséquent, aucune tentative n'est faite pour maintenir le routage du plus court chemin et ceci élimine le besoin de produire un message de mise a jour quand les évaluations de distance changent [11].

b) Le protocole de routage TORA

TORA (Temporary Ordering Routing Algorithm) est un protocole basé sur le protocole LMR proposé par V.D. Park et Corson [12] en 1997, il est. Le fonctionnement du protocole TORA est basé sur les quatre fonctions suivantes : création de route, maintenance de route, effacement de route et optimisation de route [6].

✓ création de route:

Son principe est que le nœud source diffuse un paquet requête nommé demande d'établissement de route QRY (QueRY) en indiquant l'identifiant du nœud destination. Il envoie la requête à ses voisins directs qui, à leurs tours, le transmettent à leurs voisins jusqu' à la destination. Le destinataire du paquet QRY répond par l'envoi d'un paquet réponse UPD (UPDate) [6].

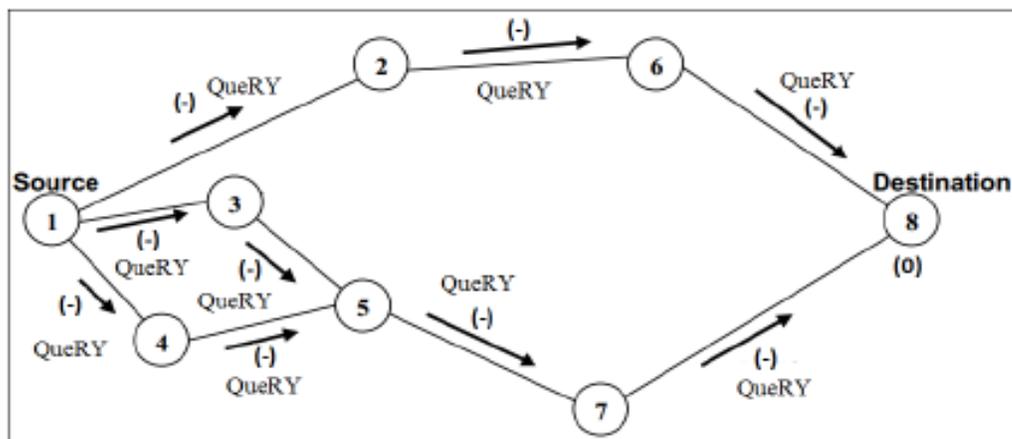


Figure I.6: La propagation du paquet QueRY.

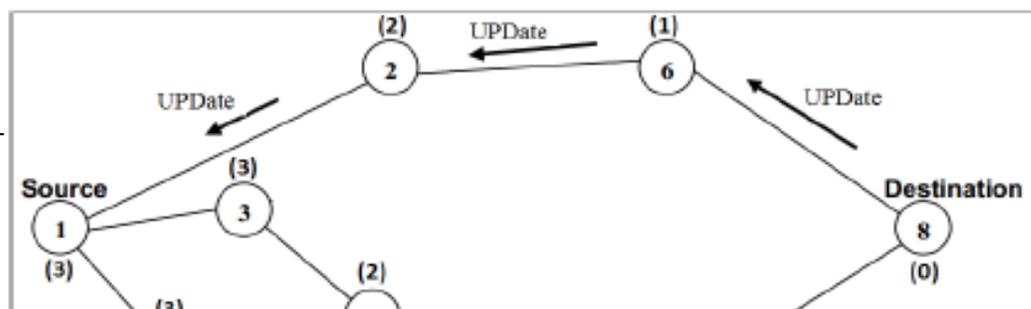


Figure I.7: La propagation du paquet UPDate.

✓ **Maintenance des routes:**

Un paquet UPD est envoyé à tous les nœuds voisins par le nœud où la rupture est détectée [6]. La maintenance fait selon les deux cas suivants :

Premier cas : le nœud traité n'a aucun lien sortant après un échec de lien. Donc, il doit définir un nouveau niveau de référence et mettre à jour la valeur correspondante au niveau du quintuple de chaque nœud.

Deuxième cas : le nœud traité n'a aucun lien sortant car une inversion de lien a été faite après la réception d'un paquet UPD.

✓ **Effacement des routes:**

Cette fonction utilise le paquet de contrôle CLR (CLear). Au niveau du nœud à traiter, il faut mettre la valeur de la hauteur à "Null" ainsi que celles de tous ses voisins directs.

✓ **Optimisation des routes:**

Cette fonction utilise des paquets de contrôle OPT (OPTimized). Elle est employée lorsque tous les chemins vers une destination sont découverts.

I. 5.2-protocoles de routages proactifs

Un protocole de routage est dit proactif si les procédures de création et de maintenance des routes, durant la transmission des paquets de données, sont contrôlées périodiquement [6].

Dans les protocoles de routage proactifs, chaque nœud maintient les informations de routage concernant tous les autres nœuds du réseau, chaque nœud maintient une ou plusieurs tables contenant l'information de routage vers chacun des autres nœuds du réseau. Tous les

nœuds mettent leurs tables à jour de façon à maintenir une vue consistante et réelle du réseau. Lorsque la topologie du réseau change, les nœuds propagent des messages de mise à jour à travers le réseau afin de garder cette consistance et de garder à jour l'information de routage pour l'ensemble du réseau. Ces protocoles diffèrent sur la manière par laquelle des changements de topologies sont distribués à travers le réseau et sur le nombre de tables nécessaires au routage [3].

a) Le protocole de routage DSDV

DSDV (Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector) "Vecteur de Distance à Destination Dynamique Séquencée" fait partie de la famille des protocoles de routage proactif à vecteur de distance. Il est basé sur l'algorithme distribué de Bellman-Ford. DSDV utilise les propriétés de la diffusion pour transmettre les informations de routage. Périodiquement, chaque station diffuse sa table de routage suivie d'un numéro pour dater l'information. Ce numéro est appelé "numéro de séquence". À partir de deux numéros de séquence, il est possible de déterminer quelle information est la plus récente. La table de routage d'un nœud contient les informations liées à chaque route. À la réception de ces informations, les voisins mettent à jour leurs tables de routage en suivant un schéma bien précis. Toute entrée de la table de routage est mise à jour, seulement, si l'information reçue est récente. À l'issue de son exécution, le protocole DSDV fournit pour chaque destination, la route qui possède le nombre minimum de nœuds [7].

Le protocole DSDV doit maintenir l'état des chemins. Pour cela, les nœuds détectent les ruptures de liens. Chaque nœud émet, périodiquement, ses informations de routage à l'ensemble de ses voisins. Si pendant un certain temps, un nœud ne reçoit pas les informations de routage d'un nœud voisin c'est que ce dernier ne fait plus partie de son voisinage. Un lien coupé affecte l'ensemble des routes utilisant ce lien. Un nœud, décelant une coupure, diffuse un paquet contenant l'ensemble destination ne pouvant plus être atteint à travers ce lien. Tout nœud, recevant un tel paquet, le propage immédiatement pour faire connaître au plus vite le changement de topologie [3].

I. 5.3-protocoles de routage Hybrides:

Les protocoles hybrides combinent les deux approches : celle des protocoles proactifs et celle des protocoles réactifs. Généralement le réseau est divisé en deux zones et le principe est d'utiliser une approche proactive pour avoir des informations sur les voisins les plus proches, qui se trouve au maximum à deux sauts du nœud mobile. Une approche réactive est utilisée au-delà de cette zone prédéfinie afin de chercher des routes. [6]

a) Le protocole de routage ZRP

Le protocole ZRP (Zone Routing Protocol) est un protocole qui définit pour chaque nœud mobile une zone (en termes de nombre de sauts) dans laquelle les paquets seront routés en utilisant une approche proactive. Cependant, les routes en dehors de cette zone sont découvertes en utilisant une approche réactive. Une zone de routage est alors définie pour chaque nœud mobile. Cette zone inclut les voisins se trouvant à une distance minimale (inférieure ou égale au rayon de la zone) du nœud en termes de nombre de sauts [8].

b) Le protocole de routage ZHLS

Le protocole ZHLS (Zone-Based Hierarchical Link State Routing) ou "routage à état de liens hiérarchique basé sur les zones", est basé sur la décomposition du réseau en un ensemble de zones. Dans ce protocole, les membres d'une zone n'élisent pas de représentant. Avec cette décomposition, on a deux niveaux de topologies : le niveau nœud et le niveau zone. La topologie basée sur le premier niveau, donne la façon dans laquelle les nœuds, d'une zone donnée, sont connectés physiquement. Un lien virtuel peut exister entre deux zones, s'il existe au moins un nœud de la première zone, qui soit physiquement connecté à un nœud de l'autre zone [9].

I. 6-Applications des réseaux Ad Hoc:

MANETs sont utilisés dans tous les situations où le déploiement d'une infrastructure est compulsif ou coûteux [6]. Parmi ces applications nous citons :

✓ Application militaires:

MANETs ont été utilisés la première fois par l'armée Américaine (US Army).

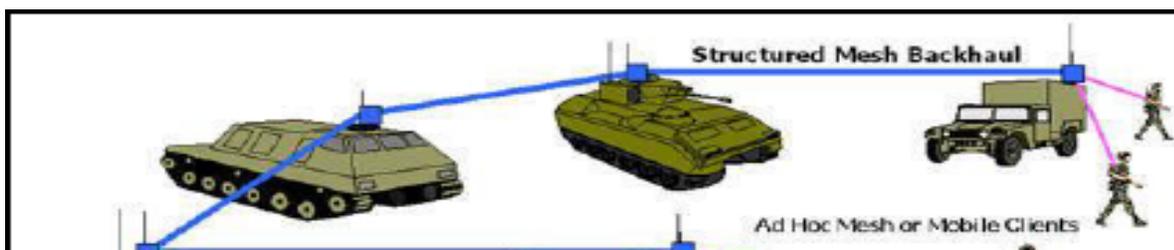


Figure I.8: les applications militaires des MANETs.

✓ **Opération de secours:**

Les unités de secours peuvent utiliser ces réseaux, lorsque les infrastructures de télécommunications sont détruites (par exemple : a cause d'une catastrophe naturelle) et que l'établissement d'une liaison satellite pour chaque entité en communication est très coûteux [6].

✓ **Communication véhiculaire (vanets) :**

Les VANETs sont utilisés pour la communication entre véhicules et équipements routiers. Les réseaux véhiculaires ad hoc intelligents (InVANETs) sont un type d'intelligence artificielle qui aide les véhicules à se comporter de manière intelligente lors de collisions véhicule-to-véhicule ou accidents [6].

I. 7-conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les réseaux en générale puis les réseaux ad hoc et quelques protocoles de routage qui ont été proposés pour assurer le service de routage dans les réseaux mobiles ad hoc.

Nous avons décrit leurs principales caractéristiques et fonctionnalités afin de comprendre les stratégies utilisées dans l'acheminement des données entre les différentes unités mobiles.

Dans le chapitre suivant, nous allons vous présenter le protocole AODV.

[2] D. Mariam, "Analyse du protocole AODV", DEA d'Informatique, Université Paul Sabatier ? I.R.I.T, 2005/2006.

[3] B. Aissaoui, Z.Hemaizia "Un protocole de routage optimisé dans les réseaux Ad Hoc", Mémoire de master, Université Tébessa, 2015/2016.

[4] Boudjaadar Amina « Plateforme basée Agents pour l'aide à la conception et la simulation des réseaux de capteurs sans fil ». Thèse de Magistère ; Université de Skikda ; 2009/2010.

[5] Tayeb Lemlouma, "Le routage dans les réseaux mobiles ad hoc", Mini projet, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 2000.

[6] M.Abdelfattah, S.Bektache" Développement d'un environnement pour les protocoles de routage : cas AODV et TORA", mémoire de fin de cycle, Université A/MIRA Béjaia, 2014/2015.

[7] S. Pierre, "Réseaux et systèmes informatiques mobiles : Fondements, architectures et applications" ; Presse internationales Polytechnique, 2011.

[8] Haas, Z.J. et Pearlman, "The Zone Routing Protocol : A Hybrid Framwork for Routing in ad hoc Networks Zone Routing Protocol", Perkins, 2000.

[9] M. Joa-Ng, I.T. Lu, "A peer-to-peer Zone-Based two-level link state routing for mobile ad hoc networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications 17, 1999.

[10] F. Ducatelle; "Adaptive Routing in Ad Hoc Wireless Multi-hop Networks"; PHD thesis, Università della Svizzera italiana, 2007.

[11] B. S. HAGGAR, "Auto-organisation et routage dans les réseaux mobiles ad hoc", Thèse de doctorat, Université de Reims Champagne-Ardenne.

[12] V. Park et M. Corson ; "A highly adaptive distributed routing algorithm for mobile wireless networks", USA, 1997.

1- Introduction

Le routage au mieux consiste souvent à rechercher le plus court chemin en termes de distance entre une source et une destination afin de transférer des données. Le but n'est pas simplement de trouver le meilleur chemin selon un certain critère mais de trouver le meilleur chemin admissible. Pour cela, un certain nombre de contraintes sur les routes sont imposées afin de déterminer leur éligibilité.

Dans ce chapitre, nous allons détaillée le fonctionnement du protocole de routage AODV, Ce protocole 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 route et maintenance des routes.

2- Description de protocole AODV

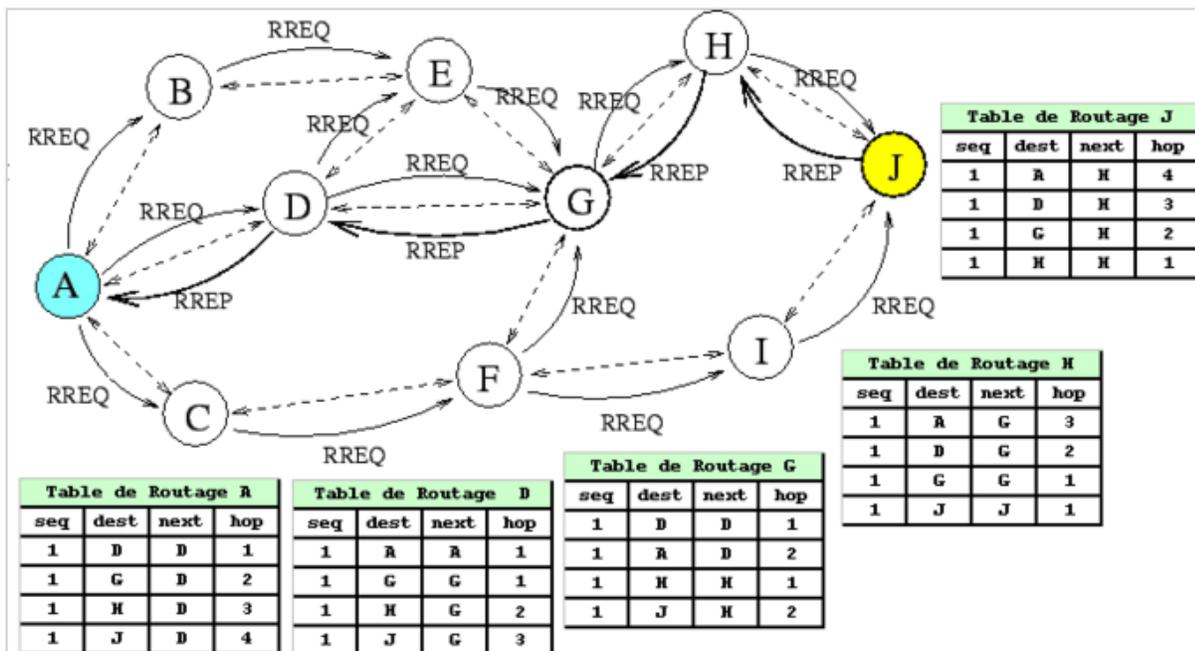


Figure II.1 détection des routes par le protocole AODV entre deux nœuds.

AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector) est un protocole de routage réactif qui est défini comme suit :

2-1 Table de routage et paquet de contrôle

Le protocole « Routage avec Vecteur de Distance à la Demande » (AODV : Ad hoc On-demand Distance Vector), représente une amélioration de l'algorithme proactif DSDV. Le protocole AODV, réduit le nombre de diffusions de messages en créant les routes lors du besoin, contrairement au DSDV, qui maintient la totalité des routes. L'AODV est basé sur l'utilisation des deux mécanismes « Découverte de route » et « Maintenance de route », en plus du routage *nœud-par-nœud*, le principe des numéros de séquence et l'échange périodique du DSDV.

L'AODV utilise les principes des numéros de séquence à fin de maintenir la consistance des informations de routage. A cause de la mobilité des nœuds dans les réseaux ad hoc, les routes changent fréquemment ce qui fait que les routes maintenues par certains nœuds, deviennent invalides. Les numéros de séquence permettent d'utiliser les routes les plus nouvelles ou autrement dit les plus fraîches (fresh routes).

L'AODV utilise une « requête de route » dans le but de créer un chemin vers une certaine destination. L'AODV maintient les chemins d'une façon distribuée en gardant une table de routage, au niveau de chaque nœud de transit appartenant au chemin cherché. Une entrée de la table de routage contient essentiellement :

- ✓ L'adresse de la destination.
- ✓ Le nœud suivant.

- ✓ La distance en nombre de nœud (i.e. le nombre de nœud nécessaire pour atteindre la destination).
- ✓ Le numéro de séquence destination qui garantit qu'aucune boucle ne peut se former.
- ✓ Liste des voisins actifs (origine ou relais d'au moins un paquet pour la destination pendant un temps donné).
- ✓ Le temps d'expiration de l'entrée de la table (temps au bout duquel l'entrée est invalidée).
- ✓ Un tampon de requête afin qu'une seule réponse soit envoyée par requête.

A chaque utilisation d'une entrée, son temps d'expiration est remis à jour (temps courant + active route time).

Si une nouvelle route est nécessaire, ou qu'une route disparaît, la mise à jour de ces tables s'effectue par l'échange de trois types de messages entre les nœuds :

- ✓ 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.

Type	J	R	Réservé	Nombre de sauts
Identité				
Adresse destination				
Numéro de séquence destination				
Adresse source				
Numéro de séquence source				

TABLE II.1 Format général d'un RREQ.

- ✓ J : join flag ; réservé pour le multicast.
- ✓ R : Repair flag ; réservé pour le multicast.
- ✓ Réservé : envoyé à 0 ; ignoré à la réception.
- ✓ Nombre de sauts : le nombre de sauts entre la source et le nœud manipulant la requête
- ✓ Identité : un numéro qui identifie d'une manière unique le RREQ

- ✓ @ Destination : l'adresse IP de la destination.
- ✓ Numéro de séquence destination : Le dernier numéro de séquence reçu au passé par la source pour une route vers la destination
- ✓ @ Source : l'adresse IP du nœud qui a émis la requête.
- ✓ Numéro de séquence source : le numéro de séquence courant a utilisé dans l'entrée de la route qui pointe vers le nœud source de la requête.

Type	J	R	Réservé	Taille préfixe	Nombre de sauts
Adresse destination					
Numéro de séquence destination					
Durée de vie					

TABLE II.2 Format général d'un RREP.

- ✓ L : si L = 1 alors il s'agit d'un message hello
- ✓ U : update ag ; réservé pour le multicast.
- ✓ Taille préfixe : si différent de zéro, il spécifie que le saut suivant indiqué peut être utilisé pour n'importe quel nœud avec le même préfixe (comme il est défini par la taille préfixe) que la destination.
- ✓ Durée de vie : Le temps pendant lequel les nœuds recevant le RREP considèrent la route valide.

2-2 Code source des messages

Dans la suite les champs dans la code source des requêtes RREQ, RREP et RERR sous NS2.

NS2 est un simulateur détaillé dans le chapitre suivant.

```

struct hdr_aodv_request {
    u_int8_t      rq_type;           // Packet Type
    u_int8_t      reserved[2];
    u_int8_t      rq_hop_count;     // Hop Count
    u_int32_t     rq_bcast_id;      // Broadcast ID

    nsaddr_t      rq_dst;           // Destination IP Address
    u_int32_t     rq_dst_seqno;     // Destination Sequence Number
    nsaddr_t      rq_src;           // Source IP Address
    u_int32_t     rq_src_seqno;     // Source Sequence Number

```

Figure II.2 les champs de requête RREQ sous NS2.

```
struct hdr_aodv_reply {
    u_int8_t    rp_type;           // Packet Type
    u_int8_t    reserved[2];
    u_int8_t    rp_hop_count;     // Hop Count
    nsaddr_t    rp_dst;          // Destination IP Address
    u_int32_t   rp_dst_seqno;     // Destination Sequence Number
    nsaddr_t    rp_src;          // Source IP Address
    double      rp_lifetime;     // Lifetime

    double      rp_timestamp;     // when corresponding REQ sent;
                                // used to compute route discovery latency
}
```

Figure II.3 les champs de requête RREP sous NS2.

```
struct hdr_aodv_error {
    u_int8_t    re_type;         // Type
    u_int8_t    reserved[2];    // Reserved
    u_int8_t    DestCount;      // DestCount
    // List of Unreachable destination IP addresses and sequence numbers
    nsaddr_t    unreachable_dst[AODV_MAX_ERRORS];
    u_int32_t   unreachable_dst_seqno[AODV_MAX_ERRORS];
}
```

Figure II.4 les champs de requête RERR sous NS2.

2-3 Création des routes

Un nœud diffuse une « requête de route » (RREQ : Route REQuest), dans le cas où il aurait besoin de connaître une route vers une certaine destination et qu'une telle route n'est pas disponible (figure II.3). Cela peut arriver si la destination n'est pas connue au préalable, ou si le chemin existant vers la destination a expiré sa durée de vie ou il est devenu défaillant (i.e. la métrique qui lui est associée est infinie). Le champ « numéro de séquence destination » du paquet RREQ, contient la dernière valeur connue du numéro de séquence, associé au nœud destination. Cette valeur est recopiée de la table de routage. Si le « numéro de séquence » n'est pas connu, la valeur nulle sera prise par défaut. Le numéro de séquence source du paquet RREQ contient la valeur du numéro de séquence du nœud source. Comme nous avons déjà dit, après la diffusion du RREQ, la source attend le paquet réponse de route (RREP : Route REPLY). Si ce dernier n'est pas reçu durant une certaine période (appelée RREP_WAIT_TIME), la source peut rediffuser une nouvelle requête RREQ.

Quand un nœud de transit (intermédiaire) envoie le paquet de la requête à un voisin, il sauvegarde aussi l'identificateur du nœud à partir duquel la première copie de la requête est reçue. Cette information est utilisée pour construire le chemin inverse (figure II.4), qui sera traversé par le paquet « réponse de route » de manière unicast (cela veut dire qu'AODV supporte seulement les liens symétriques). Puisque le paquet « réponse de route » va être envoyé à la source, les nœuds appartenant au chemin de retour vont modifier leurs tables de routage suivant le chemin contenu dans le paquet de réponse (temps d'expiration, numéro de séquence et prochain saut).

Afin de limiter le coût dans le réseau, AODV propose d'étendre la recherche progressivement. Initialement, la requête est diffusée à un nombre de sauts limité. Si la source ne reçoit aucune réponse après un délai d'attente déterminé, elle retransmet un autre message de recherche en augmentant le nombre maximum de sauts. En cas de non réponse, cette procédure est répétée un nombre maximum de fois avant de déclarer que cette destination est injoignable.

La destination renvoie un message RREP, ce message peut donc être acheminé vers la source. Chaque nœud traversé incrémenter le nombre de sauts et ajouter une entrée à sa table pour la destination.

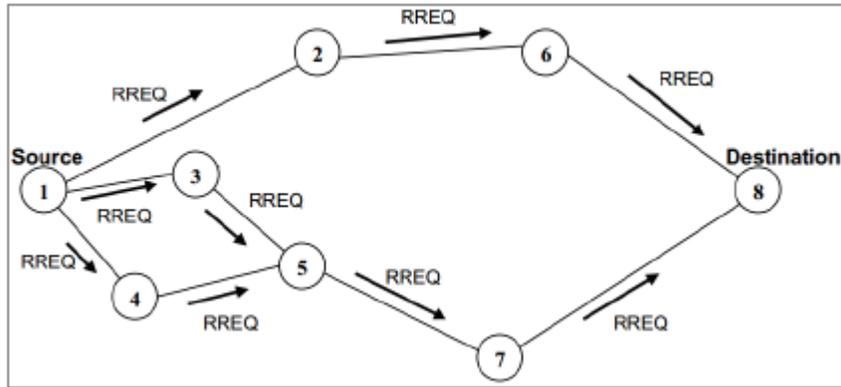


Figure II.5 Chemin pris par le paquet RREQ.

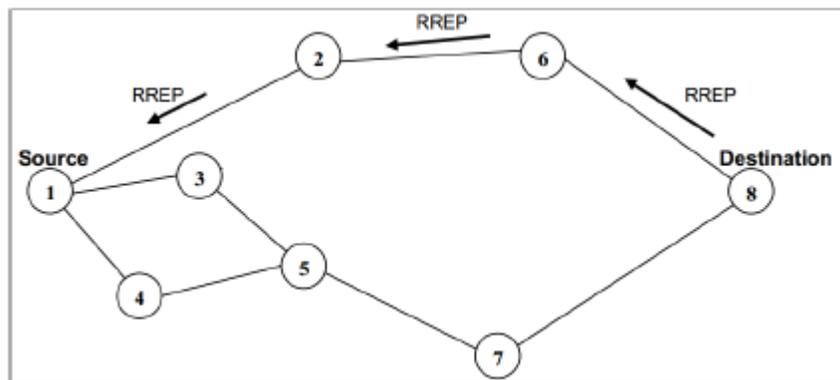


Figure II.6 Chemin pris par le paquet RREP.

2-4 Maintenance des routes

Afin de maintenir des routes consistantes, une transmission périodique du message « HELLO » (qui est un RREP avec un TTL de 1) est effectuée. Si trois messages « HELLO » ne sont pas reçus consécutivement à partir d'un nœud voisin, le lien en question est considéré défaillant. Les défaillances des liens sont, généralement, dues à la mobilité du réseau ad hoc. Les mouvements des nœuds qui ne participent pas dans le chemin actif, n'affectent pas la consistance des données de routage. Quand un lien, reliant un nœud p avec le nœud qui le suit dans le chemin de routage, devient défaillant, le nœud p diffuse un paquet UNSOLICITED RREP, avec une valeur de numéro de séquence égale à l'ancienne valeur du paquet RREP incrémentée d'une, et une valeur « infinie » de la distance. Le paquet UNSOLICITED RREP est diffusé aux voisins actifs, jusqu'à ce qu'il arrive à la source. Une fois le paquet est reçu, la source peut initier le processus de la découverte de routes.

L'AODV maintient les adresses des voisins à travers lesquels les paquets destinés à un certain nœud arrivent. Un voisin est considéré actif, pour une destination donnée, s'il délivre au moins un paquet de données sans dépasser une certaine période (appelée active timeout period). Une entrée de la table du routage est active, si elle est utilisée par un voisin actif. Le chemin reliant la source et la destination en passant par les entrées actives des tables de routage, est dit un « chemin actif ». Dans le cas de défaillances de liens, toutes les entrées des tables de routage participantes dans le chemin actif et qui sont concernées par la défaillance sont supprimées. Cela est accompli par la diffusion d'un message d'erreur entre les nœuds actifs.

Chaque nœud possède un numéro de séquence. Il est le seul habilité à l'incrémenter. Ce numéro personnel ne peut être incrémenté que dans deux situations :

- ✓ Avant d'entreprendre un processus de recherche de route par l'envoi d'un paquet RREQ, le nœud incrémente son numéro.
- ✓ Avant de répondre à un message RREQ par un message RREP, le numéro de séquence doit être remplacé par la valeur maximale entre son numéro de séquence actuel et celui contenu dans le message RREQ. Ce numéro accompagne son adresse dans les messages de contrôle et permet aux autres de distinguer les messages importants des messages redondants.

Une mise à jour de la table de routage ne s'effectue que si les conditions suivantes sont observées :

- ✓ Le numéro de séquence du paquet de contrôle est strictement supérieur au numéro de séquence présent dans la table.
- ✓ Les numéros de séquence (de la table et du paquet) sont égaux mais, la distance en nombre de sauts du paquet plus 1 est inférieure à la distance actuelle dans la table de routage.
- ✓ Le numéro de séquence pour cette destination est inconnu.

Cette façon de procéder garantit la création de route sans boucles.

Donc, Si la source se déplace, la procédure de détermination de route peut être ré initié.

- ✓ Si un nœud intermédiaire ou la destination se déplacent, un RREP spécial est émis au nœud source (reconstruisant la route au passage).
- ✓ Messages *hello* périodiques pour détecter les coupures de lien.

2-5 Gestion de la connectivité locale

Lorsqu'un nœud reçoit un paquet en Broadcast, il met à jour ses informations de connectivité locale pour s'assurer qu'elles incluent ce voisin.

Si aucun paquet n'est émis aux voisins actifs pendant le dernier « *hello_interval* », un nœud va envoyer un hello (RREP non sollicité) contenant :

- ✓ Son identité.
- ✓ Son numéro de séquence (non modifié pour les hello).
- ✓ Time to live de 1 pour ne pas être retransmis.
- ✓ Liste des nœuds pour lesquels il a reçu un hello.

2-6 Avantages et Inconvénients [17]

a) Avantages

- ✓ Pas de temps de réaction
- ✓ Adaptés aux réseaux denses de taille moyenne
- ✓ Adaptés aux réseaux à forte mobilité

b) Inconvénients

- ✓ Trafic de contrôle important
- ✓ Capacité d'échange du réseau limitée
- ✓ Consommation énergétique plus importante

3- Motivation des acteurs

Il existe en 2011 sur le site de IEEE plus de 1500 publications scientifiques qui traitent du protocole AODV (période de 1997 à 2011), ce qui montre un intérêt certain pour ce protocole et plus généralement sur les protocoles pour réseau Ad hoc

AODV a été expérimenté sur de nombreux moyens de communications (Wifi, Wi MAX, 4G, etc.) ainsi que des évolutions de ce protocole ont été développées pour être compatible avec des systèmes d'exploitation comme Linux et Windows.

3 Etudes

3-1 Spécifique

En octobre 2010 l'étude des capteurs sans fils a été publiée sur les réseaux de capteurs ainsi que sur les différents protocoles de routage dont AODV. Cette étude aborde les contraintes liées aux capteurs sans fil (consommation énergétique, la qualité de service, etc.), les perspectives futures d'utilisation de ces réseaux dans les domaines comme le médical, le militaire, dans des applications commerciales, mais aussi dans le domaine environnemental.

Cette étude cite des utilisations des réseaux de capteurs dans plusieurs milieux, tels que la « maison intelligente », le milieu hospitalier, le milieu industriel, le milieu militaire...

En décembre 2010 le projet RISK (Réseaux hétérogènes intelligents pour Situation de Crise) a été proposé. Ce projet présente un réseau de crise pour la sécurité civile (pompiers) ayant pour support des capteurs sans fils constituant un réseau Ad hoc avec AODV comme routage réactif de référence.

Des capteurs qui embarquent le logiciel AODV peuvent être utilisés dans divers autres domaines.

3-2 Logiciels

Le protocole AODV a été adapté et testé sur différents types de support de transmission,

- ✓ sur des réseaux WPAN (Wireless Personal Area Network) à base de Zig Bee/802.15.4 en utilisant AODV-UU.
- ✓ En 2007 une expérimentation est réalisée sur un réseau utilisant la technologie Bluetooth. Pour cela une variante d'AODV est créée : ADT-AODV.
- ✓ R-AODV a été développé pour les réseaux Wi-Fi norme IEEE 802.11.

3-3 Matériels

Le protocole de routage AODV peut être installé sur différents équipements comme les micro-capteurs de Réseau de capteurs sans fil mais aussi sur des PDA (Personal Digital Assistant), des ordinateurs portables...

Les équipements Qnode+ sont des points d'accès sans fil connectés à internet et font répéteurs pour les réseaux Mesh. Ils sont Auto configurable. En natif AODV est implémenté sur ces équipements.

3-4 Déploiement réels

Des constructions en grandeur réelle ont été réalisées dans plusieurs pays comme en Belgique avec le « Réseau Citoyen ». Ce réseau expérimental a été déployé dans la ville de « Bruxelles sur » des technologies sans fil (Wifi, Wireless). La réalisation de ce réseau a démontré la facilité d'implémentation de ce type de réseau pour un coût inférieur à l'implémentation d'un réseau traditionnel.

En 2004 au Cameroun, « Cameroun Sans-fil » permet de construire des réseaux dans des villages sans infrastructure de télécommunication. Chaque individu installe chez lui un PC avec une carte réseau Wifi.

4- AODV et la sécurité

Les recherches récentes sur les réseaux ad-hoc ne se focalisent que très peu sur les aspects sécurité. Pourtant leurs spécificités montrent à quel point les réseaux ad hoc sont vulnérables. Parmi ces vulnérabilités figurent :

- ✓ la transmission en milieu ouvert.
- ✓ Les problématiques de topologies dynamiques.
- ✓ L'absence d'autorité centrale.
- ✓ La nécessité d'une bonne coopération des nœuds.
- ✓ L'hétérogénéité des participants avec pour certains des capacités restreintes.

Pour donner un exemple de vulnérabilité sur une transmission en milieu ouvert (sans fil), on peut mettre en avant l'exposition des nœuds à des problèmes d'intégrité physique. Une surveillance sismique par exemple, nécessite de lâcher des capteurs dans la nature. Ils deviennent alors physiquement accessibles. Un moyen de contourner ce problème est de mettre en évidence une attaque physique sur un élément. Autre exemple concret, le fait que les nœuds utilisent une transmission sans fil les rend également très sensibles une à Attaque par déni de service sur le canal radio.

Les autres vulnérabilités précédemment citées nous amènent à faire un focus sur le routage des réseaux ad hoc. Il est identifié comme particulièrement sensible. Son fonctionnement nécessite entre autres, la bonne coopération de tous les nœuds, ce qui présente un risque s'il n'y a aucun contrôle des participants. Par conséquent l'authentification, l'intégrité, la confidentialité et la disponibilité doivent faire l'objet d'une attention particulière. Parmi les attaques liées aux problèmes d'authentification on peut citer le trou noir (blackhole). Cette attaque consiste à insérer un nœud malicieux ayant la capacité d'usurper l'identité d'un nœud valide. Le nœud en question pourra ainsi ignorer les données qu'il est censé faire transiter. L'attaque «grey hole», qui en est une variante, pourra ignorer seulement certain type de paquets. La figure ci-dessous décrit une attaque de type blackhole.

Dès lors qu'un nœud malicieux est intégré au réseau il devient possible de créer des boucles infinies ou de détourner du trafic pour consommer de l'énergie.

5- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le protocole AODV et leur principes comme la création des routes, la maintenance des routes, les avantages, les inconvénients de ce protocole et dernièrement mentionné la notion de sécurité sous ce protocole.

Dans ce dernier je peut mentionné que la sécurité dans ce travaille n'est pas mon responsabilité

III. 1. Introduction

Dans un réseau MANET, les nœuds se déplacent de manière dynamique sans aucune limite. Il n'est pas pratique de réaliser des expérimentations quotidiennes d'applications distribuées sur des environnements réels, en particulier si l'application est encore en construction. De plus, la mise en œuvre et le test de certaines applications dans l'environnement réel risquent de ne pas être possibles du tout pour des raisons pratiques. Pour faire face à ces problèmes, les simulateurs sont largement utilisés dans la communauté des chercheurs d'aujourd'hui.

III. 2. Simulation

Processus de création d'un modèle « informatisé », dans le but de mener des expériences numériques pour comprendre le comportement du système réel, sous des conditions bien définies[14].

III. 2.1. pourquoi simuler ?

- ✓ Bonne manière de rassembler systématiquement des données pertinentes. Cela contribue à une large connaissance des caractéristiques.
- ✓ Permet de voir les variables importantes et comment elles sont reliées. Cela peut mener éventuellement à des formulations analytiques pertinentes.
- ✓ Parfois on souhaite connaître les distributions de probabilité plutôt que seulement les moyennes et les variances.
- ✓ Peut parfois permettre de vérifier une solution analytique incertaine.
- ✓ La simulation coûte moins cher que de faire des expériences.
- ✓ La simulation donne un contrôle sur le temps. Il est possible d'étudier des effets sur des périodes de temps longues ou au contraire de passer au ralenti certains événements.
- ✓ La simulation est sans danger. On peut étudier divers effets sans déranger les usagers.

III. 2.2. Avantages et inconvénients

a) avantages

- ✓ La simulation est non destructrice, et les erreurs ne sont pas (trop) coûteuses.
- ✓ Le système considéré n'a même pas besoin d'exister.
- ✓ Evaluation plus rapide que dans la réalité
- ✓ Facilité d'exécution des modèles très complexes
- ✓ L'animation graphique peut permettre de voir évoluer le modèle.

b) Inconvénients

- ✓ Modélisation et programmation peuvent demander beaucoup d'effort, de temps et d'argent.
- ✓ Les temps d'exécution (CPU) peuvent devenir excessifs.
- ✓ L'analyse statistique des résultats n'est pas toujours simple.

III. 3. Simulateurs réseaux

Un simulateur de réseau est un programme, logiciel qui imite le fonctionnement d'un réseau informatique. Dans les simulateurs, le réseau informatique est généralement modélisé à l'aide des dispositifs, le trafic, etc..., et les performances sont analysés. En règle générale, les utilisateurs peuvent ensuite personnaliser le simulateur pour répondre à leurs besoins d'analyse spécifiques.

III. 3.1. Types des simulateurs réseaux

Différents types de simulateurs réseaux peuvent être caractérisés et basés sur plusieurs critères comme commercial ou gratuit ou ils sont simple ou complexe[15].

III. 3.1.1 simulateurs commerciaux et open source

a) Simulateurs commerciaux

Certains des simulateurs de réseaux sont de nature commerciale qui signifie qu'ils ne fourniraient pas le code source de son logiciel ou les packages affiliés aux utilisateurs gratuitement. Tous les utilisateurs doivent payer pour obtenir la licence d'utiliser leur logiciel ou payer pour commander des forfaits spécifiques pour leurs propres besoins d'utilisation spécifiques (OPNET simulateur commercial) [3].

- ✓ L'avantage est qu'il a généralement complète et mise à jour des documentations.

- ✓ Ils peuvent être constamment maintenus par certains membres du personnel spécialisé dans cette société.

b) Simulateurs open source

Le simulateur de réseau open source a l'avantage que tout est très ouvert et tout le monde ou l'organisation peut contribuer et trouver des bogues dans elle (NS-2, NS3, simulateurs open source). Au contraire, n'y a pas assez de gens spécialisés qui travaillent sur la documentation [3].

- ✓ L'interface est également ouverte pour l'amélioration future.
- ✓ Il peut aussi être très flexible et refléter les plus récents développements de nouvelles technologies d'une manière plus rapide que les simulateurs de réseaux commerciaux.
- ✓ Le manque de suffisamment de documentation systématique et complète et le manque de soutien de contrôle de version peut conduire à un problème grave et peut limiter l'applicabilité et la vie en temps des simulateurs de réseau open source.

Les simulateurs réseaux	
commerciaux	OPNET, QUALNET
Open source	NS2, NS3, OMNET++, SSFNet, J-Sim

TABLE III.1 Les simulateurs réseaux.

III. 3.1.2. Simulateurs Complexes ou simples

Actuellement, il y a une grande variété de simulateurs de réseaux, allant des simples aux plus complexes. Minimalement, un simulateur de réseau devrait permettre aux utilisateurs de représenter une topologie de réseau, de définir les scénarios, en spécifiant les

nœuds sur le réseau, les liens entre les nœuds et le trafic entre les nœuds. Des systèmes plus complexes peuvent permettre à l'utilisateur de spécifier tout ce qui concerne les protocoles utilisés pour traiter le trafic de réseau. Les applications graphiques permettent également aux utilisateurs de visualiser facilement le fonctionnement de leur environnement simulé[3].

Certains d'entre eux peuvent être à base de texte et peut fournir une interface moins visuelle ou intuitive, mais peut permettre à des formes plus avancées de personnalisation. D'autres peuvent être la programmation orientée et peut fournir un cadre de programmation qui permet aux utilisateurs de personnaliser pour créer une application qui simule l'environnement de mise en réseau pour les tests.

III. 4. Simulateurs les plus utilisés

Plusieurs simulateurs pour réseaux informatiques ont été proposés ces dernières années, parmi lesquels NS-2, GloMoSim, JiST/SWANS, GTSNetS, OMNet++, Opnet, etc.

Ces simulateurs offrent tous un environnement de programmation pour l'implémentation et l'évaluation des performances des protocoles de communication.

III. 4.1. NS2 (Network Simulator 2)

Network Simulator (NS-2) est un simulateur à événements discrets orienté objet, écrit en C++ avec une interface qui utilise le langage OTcl (Object Tool Command Language). A travers ces deux langages il est possible de modéliser tout type de réseau et de décrire les conditions de simulation : La topologie réseau, le type du trafic qui circule, les protocoles utilisés, les communications qui ont lieu....etc. Le langage C++ sert à décrire le fonctionnement interne des composants de la simulation. Pour reprendre la terminologie objet, il sert à définir les classes. Quant au langage OTcl, il fournit un moyen flexible et puissant de contrôle de la simulation comme le déclenchement d'événements, la configuration du réseau, la collecte de statistiques, etc[15].

Toute simulation sous NS-2 se base sur un modèle composé des éléments suivants :

- ✓ **Nœuds du réseau** : Nœuds d'extrémités où le trafic est généré ou consommé plus les nœuds de routage (nœuds intermédiaires).
- ✓ **Liens de communications entre ces nœuds.**
- ✓ **Agents** : représentent les protocoles au niveau transport (TCP, UDP), ces agents sont connectés aux nœuds et sont attachés les uns aux autres pour permettre l'échange de données.
- ✓ **Application** : qui génère le trafic des données.

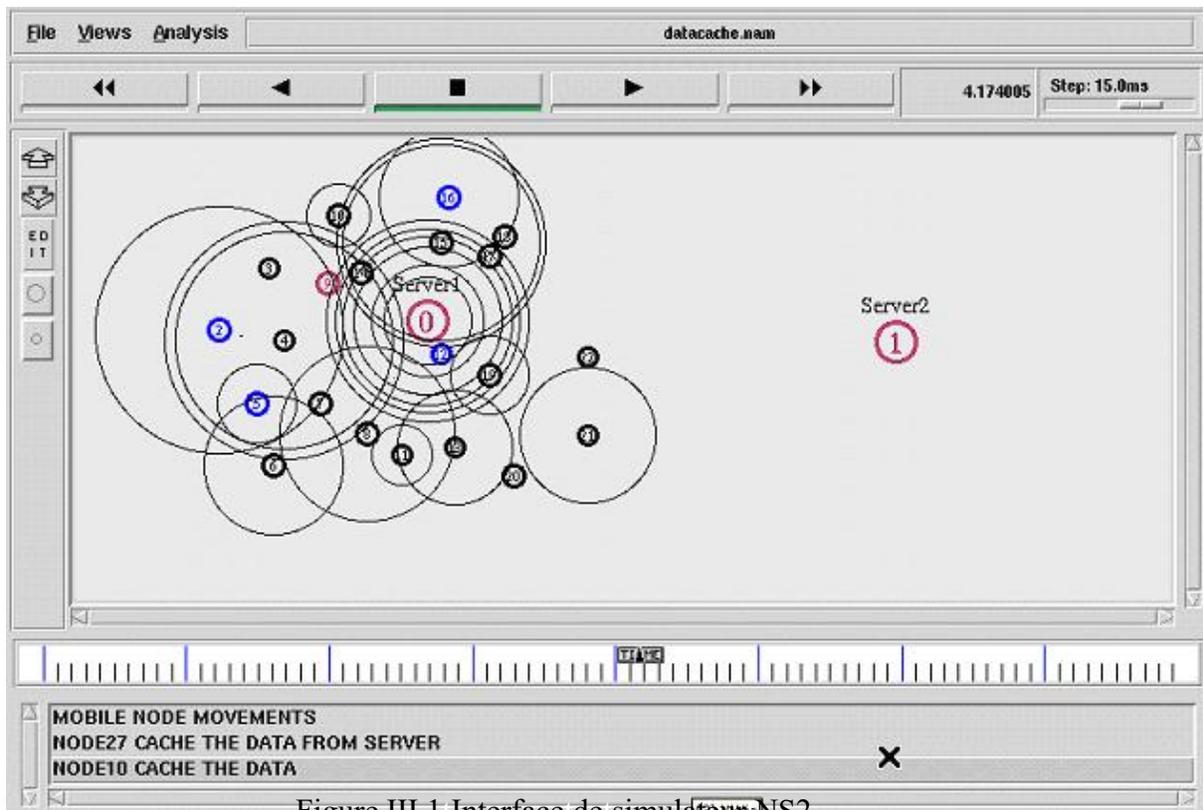


Figure III.1 Interface de simulateur NS2.

III. 4.1.1. Avantages NS2

Network Simulator offre plusieurs avantages comme [3] :

- ✓ Un logiciel de simulation multicouche.
- ✓ Un outil complètement libre pour plusieurs plateformes.

- ✓ Possibilité d'ajouter des composants à la demande.
- ✓ Développement orienté objet.
- ✓ Du fait de sa popularité, de nombreux protocoles sont à priori disponibles pour NS-2.
- ✓ L'analyse des résultats est en général peu aisée, le résultat de la simulation étant essentiellement composé d'un fichier retraçant l'ensemble des envois, réceptions et suppressions de paquets. Un certain nombre de scripts ont été développés (ou sont en cours de développement) pour faciliter cette analyse.
- ✓ Les capacités de NS-2 couvrent le champ à l'étude de nouveaux mécanismes au niveau des différentes couches de l'architecture réseau. Alors il est devenu l'outil de référence pour les chercheurs du domaine qui peuvent ainsi partager leurs efforts et échanger leurs résultats de simulations.
- ✓ Il est open source et gratuit.
- ✓ Il englobe les contributions de plusieurs chercheurs.
- ✓ Il est riche en modèles et en protocoles pour les deux environnements filaires et sans fils.

III. 4.1.2. Composantes disponible dans NS2

La liste des principaux composants actuellement disponible dans NS2 sont représentés par catégorie dans le tableau suivant [15] :

Application	Web, Ftp, Telnet, générateur de trafic (CBR...).
Transport	TCP, UDP, RTP, SRM
Routage	Statique, dynamique (vecteur distance) et routage multipoint (DVMRP, PIM, AODV).
Gestion de file d'attente	RED, DropTail, Token bucket,
Discipline de service	CBQ, SFQ, DRR, fair queueing.
Système de	CSMA/CD, CSMA/CA, Lien point à point.

TABLE III.2 Les principaux composants de NS2.

III. 4.2. OMNet++ (Objective Modular Network Testbed in C++)

OMNET ++ a été à la disposition du public depuis Septembre 1997 et dispose actuellement d'un grand nombre d'utilisateurs. Contrairement ns-2 et ns-3, OMNET ++ est non seulement conçu pour les simulations de réseau. Il peut être utilisé pour la modélisation de multiprocesseur, des systèmes matériels distribués et évaluation des performances des systèmes logiciels complexes [3].

Cependant, il est le plus souvent utilisé pour la simulation des réseaux informatiques. OMNET ++ est un simulateur open source, l'environnement d'architecture à base de composants modulaire et ouvert pour la simulation d'événements discrets. Il est gratuit pour un usage académique et sans but lucratif [3].

OMNET ++ est actuellement gagnant en popularité en tant que plate-forme de simulation de réseau dans la communauté scientifique, ainsi que dans les industriels, et la construction d'une grande communauté d'utilisateurs.

OMNET ++ fonctionne sur Linux, d'autres systèmes Unix et Windows, plates-formes de système d'exploitation.

OMNET ++ distribution a été développée en utilisant l'approche orientée composants qui favorise les modèles structurés et réutilisables. En outre, OMNET ++ possède une vaste interface graphique utilisateur (GUI) et le soutien du renseignement.



Figure III.2 Interface de simulateur OMNet++.

III. 4.2.1. Composantes OMNet++

OMNeT ++ est composé de [15] :

- ✓ **Editeur graphique de réseau:** Un éditeur graphique de réseau (NED) pour permettre la construction d'une topologie graphique, la création de fichiers dans la description du langage réseau (NED).
- ✓ **Bibliothèque Kernel:** Une bibliothèque noyau de simulation contient les définitions des objets utilisés pour la création de la topologie
- ✓ **Interface de ligne de commande:** Comprend les interfaces graphiques et de ligne de commande pour l'exécution de simulation

- ✓ Un outil de documentation de modèle pour la documentation D
eux types de modules existent : modules simples et des modules composés.

III. 4.3. J-sim(JAVE Simulator)

JSim est un système de simulation basé sur Java et qui sert à construire des modèles réseaux et les analyser par rapport aux références de données expérimentales. JSim a été conçu principalement pour la biomédecine et la physiologie, mais son moteur de calcul est tout à fait générale et s'applique à plusieurs domaines scientifiques. Les modèles JSim peuvent mélanger les Formules aux dérivées partielles, Formules implicites, les intégrales, sommes, les événements discrets et du code procédural selon le cas à étudier [3].

Son organisation est similaire à celle de OMNeT ++. J-Sim est un simulateur de temps réel axé sur les processus, autrement dit, une simulation fonctionne de la même manière comme un véritable système, en ce sens que les exécutions d'événements sont effectuées en temps réel, par opposition aux points fixes de temps en simulation d'événements discrets [3].

Comme dans NS-2, deux langues sont utilisées dans J-Sim: Java pour décrire et mettre en œuvre des modèles et un langage de script pour construire, configurer et / ou contrôler la simulation lors de l'exécution. JSim a été conçu pour soutenir les langages descriptifs (Tcl, Perl ou Python), cependant, la mise en œuvre disponible est basée sur Tcl. J-Sim fournit Tcl commandes spécifiques, les (RUV) des commandes virtuelles d'exécution, pour simplifier la manipulation et la configuration des composants de réseaux de la simulation d'exécution. J-Sim comprend la plate-forme INET qui est dédié à la simulation des réseaux [3].

III. 4.3.1. Composantes J-sim

J-Sim est un logiciel gratuit de mise en œuvre de charge pour la simulation d'une architecture à base de composants [15] :

- ✓ L'Autonome Component Architecture (ACA) : Les ACA imite la conception du circuit et de fabrication modèle intégrée en termes de la façon dont les composants sont spécifiés, conçus et assemblés.
- ✓ Internetworking (INET):J-Sim comprend cette plate-forme INET spécifique, dédié au réseau de simulation, mais ne se limite pas à ce domaine.

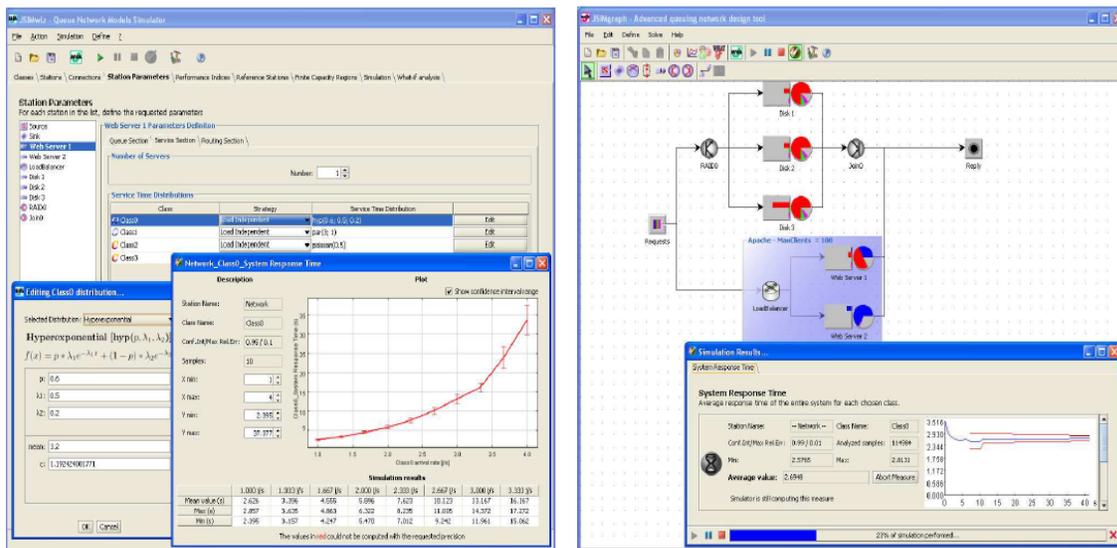


Figure III.3 Interface de simulateur J-sim.

III. 4.4. OPNet(Optimized Network Engineering Tools)

Opnet est un environnement de simulation qui permet la modélisation de réseaux de communication grâce à ses bibliothèques de modèles (routeurs, commutateurs, stations de travail, serveur, etc.) et de protocole (TCP/IP, FTP, FDDI, Ethernet, ATM, etc.). Le module de radio Opnet permet la simulation des réseaux de radiocommunication (hertzien, téléphonie cellulaire et satellitaire) [3].

Il fournit un environnement mondial pour modéliser, simuler et évaluer les performances de tous les types de câble et réseaux de communication sans fil et des systèmes distribués. Il est disponible sur Windows, Linux et les plates-formes Solaris [3].

L'environnement OPNET inclut des outils graphiques pour les scénarios et les modèles conception, simulation de scénarios, la collecte des données et l'analyse des données.

Une simulation au sein d'OPNET est représentée par un projet, y compris un ensemble de scénarios. Ce projet est créé par l'éditeur de projet également connu sous le nom de l'interface centrale OPNET [15].

Toutes les fonctionnalités disponibles peuvent être consultées à partir de cet éditeur. Il fournit un accès à d'autres éditeurs qui proposent des fonctions, y compris le nœud et le processus la création du modèle, la construction de formats de paquets, et la création de filtres et paramètres.

OPNET offre de nombreuses fonctions supplémentaires, y compris un haut niveau Architecture (HLA) module, qui permet la communication entre les différents simulateurs.

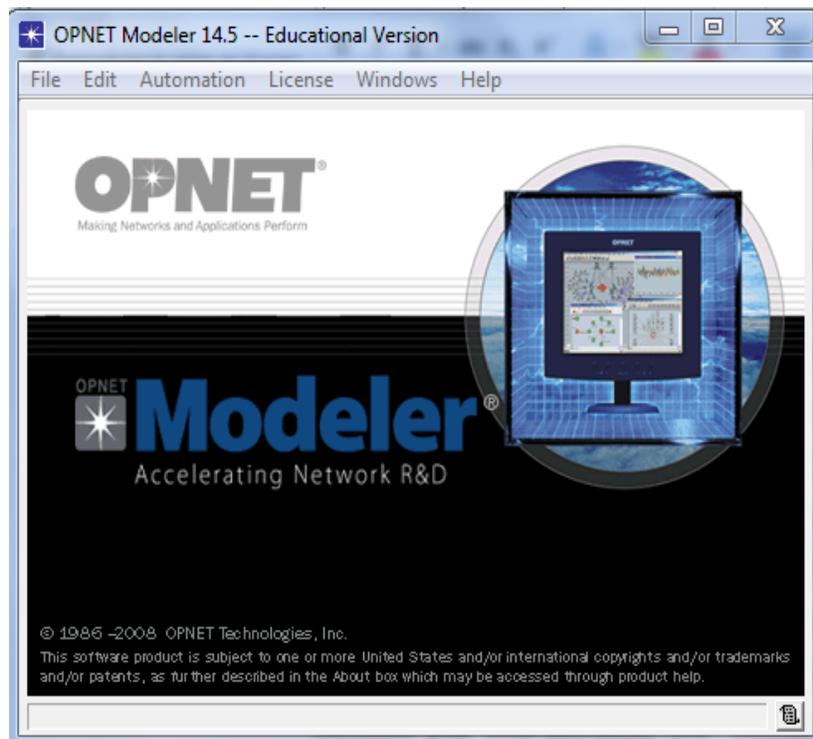


Figure III.4 Interface de simulateur OPNet.

III. 4.4.1. Domaines de modélisation de Simulateur OPNET

OPNET permet la modélisation hiérarchique en définissant un réseau comme un ensemble de sous-modèles représentant des sous-réseaux ou des nœuds. La modélisation est constituée de trois domaines (le "Network domain", le "node domain" et le "process domain") [15].

- ✓ Le domaine réseaux (Network domain) : est le niveau le plus élevé de la hiérarchie d'Opnet. Il permet de définir la topologie du réseau en y installant des routeurs, des hôtes, des équipements tels que des switch, reliés entre eux par des liens.
- ✓ Chaque entité de communication (appelé nœud) est entièrement configurable et est définie par son modèle.
- ✓ Le domaine nœud (Node domain) : permet quant à lui de définir la constitution des nœuds (routeur, stations de travail, hub, etc.). Le modèle est défini à l'aide de blocs appelés modules.
- ✓ Le domaine processus (Process domain) : est le niveau dans lequel on définit le rôle de chaque module programmable. Un module possède par défaut un processus principal, auquel peuvent s'ajouter des processus fils accomplissant une sous-tâche précise.

Opnet fournit des mécanismes permettant à tous les processus créés à l'intérieur d'un domaine processus de communiquer entre eux, via un bloc de mémoire partagée, ou l'ordonnancement d'interruptions logicielles.

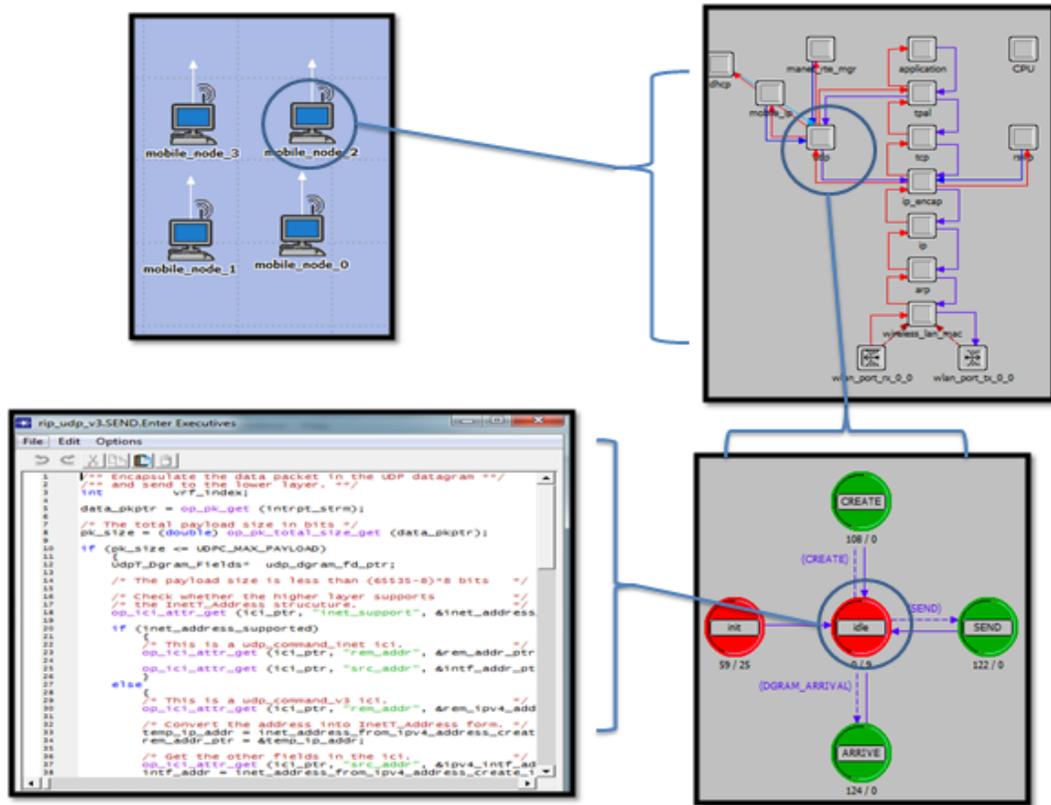


Figure III.5 Domaine de modélisation d'OPNET.

III. 5. Comparaison entre quelques simulateurs

Functionalités	OMNet++	NS-2	OPNET	J-Sim
Langage supporté	C++	C++/OTCL	C++/Java	Java
License	Open source	Open source	Commercial	Open source
GUI support	Bon	Pauvre	Excellent	Bon
Temps nécessaire pour apprendre	Modérer	Longue	Longue	Modérer
Plate-forme	Linux, mac-os, unix	Unix, mac-OS, Microsoft window, Cygwin	C, C++, Opnet modeler software	Matlab
Les outils disponibilité d'analyse	✓	✓	✓	✓
Les outils de visualisation	✓	✓	✓	✓
Possibilité de conception et modifié les scénarios	✓	✓	✓	✓
Création des fichiers traçant	✓	✓	✓	✓
Interaction avec les systèmes réels	✓	✓	✓	✓
Communication avec d'autres modules			✓	
Possibilités rapides de simulation			✓	

TABLE III.3 Comparaison entre différents simulateurs réseaux.

III. 6. Critères de choix d'un simulateur

Il existe une multitude de simulateurs de réseaux, certains plus spécialisés, d'autres généralistes. Le choix du simulateur est basé sur plusieurs critères :

- ✓ **Bibliothèque de modèles** : Typiquement les protocoles implémentés dans le simulateur. Si l'on souhaite utiliser un protocole déjà inclus dans la bibliothèque, il est alors inutile de l'implémenter.
- ✓ **Fiabilité du simulateur et des protocoles simulés** : La fiabilité des protocoles inclus dans le simulateur est primordiale pour rendre la mesure de performances d'un protocole la plus fidèle à la réalité.
- ✓ **Performances brutes** : Se mesurent en temps d'exécution et en utilisation de la mémoire. Si on souhaite simuler un réseau comportant un grand nombre de nœuds, le temps d'exécution doit rester raisonnable et la mémoire utilisée adaptée à la machine exécutant le simulateur.
- ✓ **Facilité d'extension** : La facilité d'ajout de nouveaux modèles au simulateur est primordiale pour en évaluer les performances.
- ✓ **Mesure de performances** : Certains simulateurs incluent la génération automatique statistique en fonction de différentes métriques.
- ✓ **Type de réseau** : Architecture (filaire ou ad hoc) ou ses applications.
- ✓ **Licence de distribution** : Définit les droits d'utilisation du logiciel, les droits de diffusion (Duplication) et les droits de modification.

IV. Introduction

Pour choisir la meilleure route dans un protocole donné, les routeurs vont s'appuyer sur la notion de métrique. Cette information est valorisée selon des critères propres à chaque algorithme (ou protocole).

Notamment, l'AODV peut prendre en compte le nombre d'intermédiaires (sauts ou hop) entre nœuds émetteur et récepteur, Parmi Les inconvénients majeurs de protocole AODV est qu'il choisi le meilleur chemin a base de nombre de saut, L'objectif principal de ce chapitre est de présenter notre contribution qui consiste de modifier le protocole de routage AODV de sorte que les routes sont choisis a base de l'énergie le plus élevé au lieu de nombre de sauts le plus bas.

Dans ce chapitre nous allons présenter la notion des métriques, notion d'énergie, et proposé un AODV basé sur la métrique d'énergie.

IV. 2. Qualité de services

L'Union Internationale des Télécommunications (UIT, ou ITU en anglais) dans sa recommandation E.800 a défini la qualité de service (QoS pour Quality of Service) comme étant l'effet général de la performance d'un service qui détermine le degré de satisfaction d'un utilisateur du service. Dans le domaine des réseaux, la notion de qualités de services ou QoS (Quality of Service) est évoqué pour désigner la capacité du réseau à fournir un service : transfert de données par exemple [22].

La qualité de service au niveau d'un réseau se décline en quatre paramètres : débit, latence, la gigue et la perte. Par exemple, pour le transfert de fichiers, le critère principal de jugement pour un utilisateur sera la vitesse de transfert qui est le débit.

Le débit communément appelé « bande passante » représente la ressource de transmission qu'occupe ou reçoit un flot. La gestion de la bande passante est un élément important pour l'assurance de la qualité de service.

La latence est définie par le délai de transfert de bout en bout d'un paquet d'un flot. Les applications interactives ont une latence maximale tolérable. Si un paquet subit un retard important, au-delà de la valeur tolérable, les données qu'il contient deviennent inutiles pour l'application.

La gigue correspond aux variations de latence des paquets. La cause principale de l'apparition de la gigue dans les flots provient des changements d'intensité de trafic sur les liens de sorties des commutateurs.

La perte signifie la perte de paquets. Elle se produit lorsqu'il y a des erreurs d'intégrité sur les données. Dans les réseaux actuels où la qualité des transmissions est très bonne, cette cause est marginale. La perte de paquet se produit principalement lorsque l'intensité du trafic sur les liens de sorties devient supérieure à leur capacité d'écoulement. Elle est une indication de congestion [2].

IV. 3. Le routage AODV avec qualité de service

L'introduction de la qualité de service dans AODV repose sur l'ajout d'un champ dans les paquets de contrôle RREQ, RREP. Ce champ peut être associé au paramètre délai ou au paramètre bande passante. À la réception d'un message RREQ, chaque mobile vérifie qu'il est en mesure d'honorer le service demandé, avant de retransmettre le message [2].

Le protocole de routage AODV avec QOS a pour objectif de :

- ✓ Améliorer la QOS dans les réseaux ad hoc.
- ✓ Introduire une métrique plus appropriée que la distance (nombre de sauts).
- ✓ Faire face aux changements fréquents de la topologie due à la mobilité des nœuds.

IV. 4. Métriques de routage

La performance d'un réseau est un élément fondamental et nécessaire pour l'utilisation d'applications, notamment les applications temps réels. Les protocoles subissent des fortes pressions pour offrir des garanties de qualité de service. Ces demandes proviennent des applications multimédias réparties. Ces applications exigent un transfert de données complexe telles que la téléphonie, la vidéo à la demande ou la conférence multimédia.

Dans un protocole de routage, les métriques sont utilisées pour mesurer ou comparer quelle route est la meilleure, Comme nous l'avons dit plus tôt L'AODV choisit la métrique de nombre de sauts « Combien de routeurs loin de la destination » comme métrique d'origine parmi plusieurs métriques comme :

- ✓ Bande passante : La bande passante des liens en Kbps.

- ✓ Coût : Mesure à l'inverse de la bande passante des liens.
- ✓ Retard : Temps qu'il faut pour atteindre la destination.
- ✓ Charge : Le chemin avec le moins d'utilisation.
- ✓ Fiabilité : Le chemin avec le moins d'erreurs ou de temps d'arrêt.
- ✓ Energie : le chemin avec meilleur cumule.
- ✓ Nombre de sauts : le moins nombre des routeurs entre émetteur et récepteur

Et plusieurs autres métriques comme l'énergie, l'implémentation de métrique de l'énergie liée au plan de l'intégration, parmi ces plans l'intégration pour conserver l'énergie des nœuds Par contre, l'intégration pour consommer de l'énergie de manière à nous garder la durée de vie de tous le réseau n'est pas d'un seul nœud.

Le but des métriques est d'établir une base commune de connaissance au niveau des performances et de la fiabilité du réseau afin d'en obtenir une connaissance précise pour les utilisateurs et pour les fournisseurs de services Internet. Ces métriques sont définies par la communauté scientifique et les organismes de standardisation au sein de l'IETF et de l'ITU [22].

IV. 5. Notion d'énergie

Dans les réseaux Ad hoc, la consommation d'énergie est très importante puisque généralement les nœuds dans des zones inaccessibles. Ainsi, il est difficile voire impossible de remplacer les batteries après leur épuisement. De ce fait, la consommation d'énergie au niveau des nœuds a une grande influence sur la durée de vie du réseau.

IV. 5.1. Energie de communication

L'énergie de communication est déterminée par la quantité des données à communiquer et la distance de transmission.

Cette énergie se décline en deux parties : l'énergie de réception et l'énergie de l'émission. Le coût de réception est fixe mais le coût en émission dépend de la puissance d'émission du signal radio, de débit binaire et de la taille des données à transmettre...

Quand la puissance d'émission est élevée, le signal aura une grande portée et l'énergie consommée sera plus élevée.

Notons que cette partie d'énergie dépensée représente la portion la plus grande de l'énergie totale consommée par un nœud.

IV. 5.2. Energie de traitement

L'énergie de traitement se divise en deux parties: l'énergie de commutation et l'énergie de fuite. L'énergie de commutation est déterminée par la tension d'alimentation et la capacité totale commutée au niveau logiciel (en exécutant un logiciel). Par contre, l'énergie de fuite correspond à l'énergie consommée lorsque l'unité de calcul n'effectue aucun traitement [21].

En général, l'énergie de traitement est faible par rapport à celle nécessaire pour la communication. Ce qui justifie notre choix de minimiser l'énergie au niveau de l'unité de communication [21].

IV. 6.Facteurs intervenants dans la consommation d'énergie

La consommation d'énergie dépend de plusieurs facteurs qui sont expliqués ci-dessous:

IV. 6.1. Métrique de nombre de saute

Lorsque l'AODV utilise la métrique de nombre de sauts sa veut dire que le protocole va consommée tout l'énergie de ce chemin trouvé et choisie. ca c'est le premier raison pour laquelle nous avons choisi la métrique d'énergie dans notre projet

IV. 6.2. Etat du nœud

On distingue quatre états des nœuds (transmetteur et récepteur) : actif, réception, transmission et sommeil.

- ✓ Etat actif: le nœud est allumé, mais il n'est pas employé. En d'autres termes, le nœud n'est ni en train de recevoir ni de transmettre. Cet état provoque une perte de l'énergie suite à l'écoute inutile du canal de transmission.
- ✓ Etat sommeil: le nœud est mis hors tension.
- ✓ Etat transmission: le nœud transmet un paquet.
- ✓ Etat réception: le nœud reçoit un paquet.

Il est aussi à noter que le passage fréquent de l'état actif à l'état sommeil peut avoir comme conséquence une consommation d'énergie plus importante que de laisser le nœud en mode actif. Ceci est dû à la puissance nécessaire pour la mise sous tension du nœud. Cette énergie est appelée l'énergie de transition. Il est ainsi souhaitable d'arrêter complètement le nœud plutôt que de transiter dans le mode sommeil.

IV. 7. Travaux connexe

IV. 7.1. Travaux a base défirrent de l'énergie

1. Hemant G. et.al. [21] ont proposé une étude sur la façon de perte des paquets dans le protocole AODV et qui peut être minimisé dans un réseau donné. Ils ont développé une technique qui identifie le lien rompu entre deux nœuds quelconques puis réparé la même voie.
2. Li Y.et.al [20] avait fait une optimisation dynamique non linéaire lors de la phase de découverte de route de AODV et ceci en simulant puis analysant le taux de livraison des paquets. Les résultats ont montré que le protocole proposé améliore la capacité de transmission de données du nœud tout en réduisant le taux de perte de paquets.

3. P. Parvathi [19] avait fait l'analyse comparative des CBRP, AODV et DSDV. Il a observé que DSDV consomme plus de bande passante, en raison de la diffusion des mises à jour fréquentes et que AODV est meilleur que DSDV puisqu'il ne maintient pas de tables de routage au niveau des nœuds.

V.7.2. Travaux basé sur l'énergie

1. Au regard de l'importance de la conservation d'énergie dans les réseaux mobiles Ad Hoc, les auteurs [15] proposaient ER-AODV (Energy Reverse Ad-hoc On-demand Distance Vector routing), un protocole de routage réactif qui repose sur une politique combinant deux mécanismes appliqués au protocole AODV. Ils visent à incorporer l'énergie comme métrique de routage dans le processus de sélection de la route. En effet les énergies résiduelles des nœuds mobiles ont été considérées lors de la prise des décisions de routage. Les résultats de simulation montrent que le protocole ER-AODV répond à une meilleure conservation d'énergie
2. Sujata et.al. [16] avaient fait la comparaison des AODV et RAODV. En RAODV, ils avaient changé la configuration des paquets de rediffusion de route d'AODV et l'a nommé RREQ. Ils ont montré que les résultats de simulation de RAODV obtenus sont meilleurs par rapport aux autres versions de protocole AODV. Ensuite, ils ont travaillé sur le concept d'énergie dans RAODV, de sorte qu'ils peuvent affecter la priorité des différents chemins dédiés entre la source et la destination en se basant sur l'énergie ainsi que la stabilité des nœuds ou des chemins.
3. Les auteurs [17] proposent un algorithme de routage qui est adopté par optimiser Adhoc protocole de vecteur de distance (OAODV) pour améliorer l'énergie des appareils mobiles. Lorsque l'énergie d'un nœud atteint ou au-dessous de ce niveau, le nœud ne doit pas être considéré comme un nœud intermédiaire, jusqu'à ce que et à moins qu'aucun autre chemin d'accès est disponible.
4. AODV existant amélioré en tenant compte de la nature à contrainte d'énergie restreinte, notamment des nœuds intermédiaires dans MANET. Ces nœuds dépendent d'une durée de vie fixe de la batterie à partir de laquelle ils deviennent inactifs sur le réseau. Les

auteurs[18] ont appelé le protocole amélioré OAODV, qui définit la viabilité d'un nœud pour transmettre des messages RREQ en fonction de son énergie restante, car cette énergie est réellement consommée au cours du processus de transmission et de réception de paquets sur le réseau. Les auteurs ont examiné différentes charges de réseau de 20, 30, 40 et 50 nœuds mobiles et les métriques suivantes: débit, rapport de livraison des paquets, énergie moyenne consommée dans le but de comparer le protocole AODV classique aux protocoles OAODV proposés. Le résultat de la simulation obtenu à partir de NS2-2.35 révèle que, dans tous les cas, l'OAODV surpasse l'AODV.

IV. 8. Contribution

Lors de la métrique de nombre de sauts après la création et le choix des routes, la phase de communication vient, cette phase consomme complètement la valeur énergétique des nœuds de cette route si on ne l'utilise pas comme meilleur chemin, ce qui la fait disparaître. Et après l'algorithme de maintenance des routes lance et crée une autre route comme un meilleur route pour acheminer les données, ces étapes consomment complètement l'énergie d'un groupe de nœuds et laissent des autres nœuds qui ne sont pas considérés comme des meilleurs routes nœuds.

Le durée de vie de notre réseau diminue à cause de ce problème jusqu'à l'acheminement des informations bloqué, Bien qu'il reste un groupe de nœuds qui ne travaille jamais.

Notre approche consiste à proposer une optimisation pour le protocole de routage AODV, mon proposition et de l'utilisation ou l'exploit complète de tous les nœuds de notre réseau à travers une autre métrique qui est la création des routes à partir de l'énergie des nœuds.

IV. 8.1. L'optimisation d'AODV

Notre principal objectif de ce travail est de proposer un AODV optimisé pour l'amélioration de la performance de ce protocole. L'idée consiste à augmenter le durée de vie de réseau en choisissant le chemin avec l'énergie élevée, si les nœuds ont des grandes cumule d'énergie, il peut être avantageux d'éviter les nœuds à faible énergie. Pour cela, nous avons proposé MCE-

AODV qui est peut différent que l'AODV. Afin d'effectuer «un routage avec cumule d'énergie « maximum » au lieu d'un routage avec nombre de sauts « minimum ».

IV. 8.1. AODV et MCE-AODV

MCE-AODV se concentre sur les chemins à haute énergie et évite également les routes à faible énergie.

L'AODV d'origine, commence par vérifier s'il existe une route disponible vers la destination, sinon il générera un message RREQ en le transmettant aux nœuds intermédiaires avec les champs suivants: adresse IP de l'expéditeur, numéro de séquence de l'expéditeur, adresse IP de destination, destination numéro de séquence, nombre de sauts. Lorsqu'il atteint la destination, le nœud de destination choisit le chemin avec un nombre minimal de sauts.

MCE-AODV commence par vérifier s'il existe une route disponible vers la destination, sinon il générera un message RREQ en le transmettant aux nœuds intermédiaires avec les champs suivants: adresse IP de l'expéditeur, numéro de séquence de l'expéditeur, adresse IP de destination, destination numéro de séquence, nombre de sauts et finalement le champ qui charge toujours le cumule d'énergie de chemin, Je l'ai appelé « energy_t ». Lorsqu'il atteint la destination, le nœud de destination choisit le chemin avec le cumule maximal d'énergie des routes par comparés ces cumules. Après avoir choisi le chemin, le nœud de destination vérifie les énergies résiduelles du chemin choisi, qu'il dispose ou non d'énergie suffisante pour renvoyer des paquets de données. Au nœud source. Ceci est fait par un formulaire de force de lien par rapport à l'énergie résiduelle des nœuds.

On a expliqué notre proposition avec l'organigramme suivant :

IV. 8.2. Processus d'HE-AODV RREQ

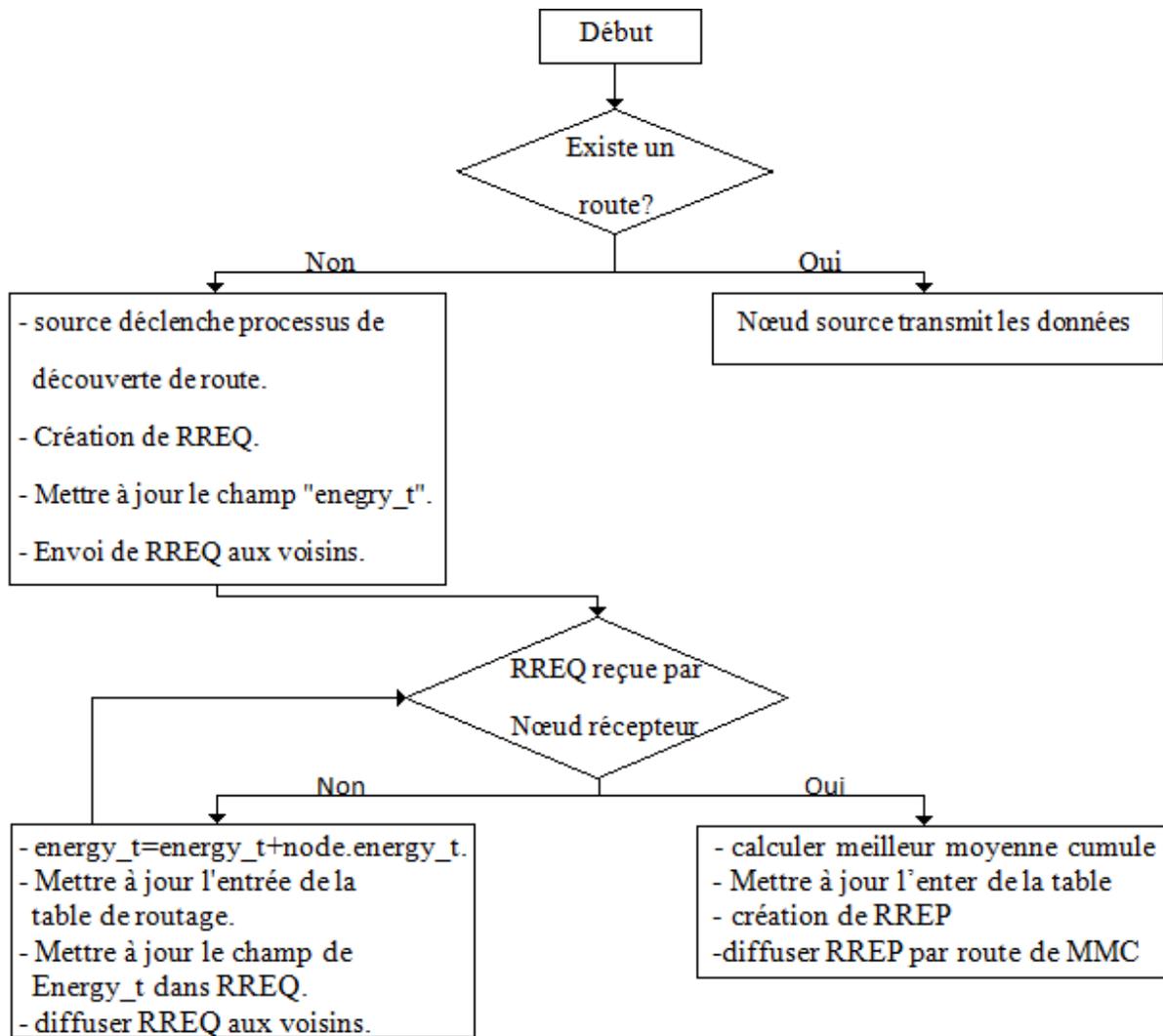


Figure IV.1 organigramme d'MCE-AODV RREQ.

IV. 8.3. Processus d'MCE-AODV RREP

Cet organigramme présente le processus de découverte de route quand un nœud source souhaite envoi un message a un autre nœud.

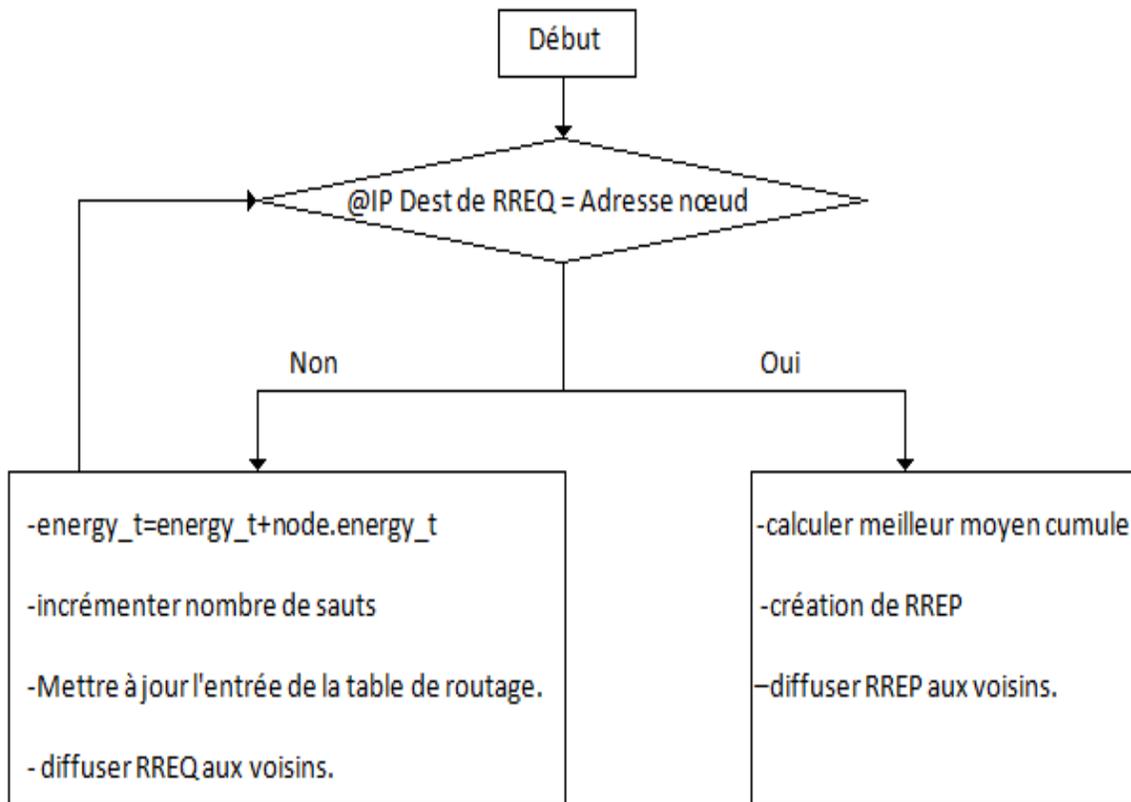


Figure IV.2 organigramme de nœud destination.

Cet organigramme présente le processus de découverte de route quand la requête RREQ est reçu par le nœud destination et après l'envoi d'un RREP comme réponse.

Après on fait l'implémentation et la simulation en utilisant le simulateur NS2, et on a comparé les performances du protocole AODV VS MCE-AODV et discuter les résultats obtenus dans le chapitre suivant.

IV. 9. Réalisation de l'optimisation

IV. 9.1. Algorithme d'MCE-AODV

L'algorithme passe par plusieurs étapes:

Début

Réel energy_t ;

Entier nbr_sauts, nbr_sqn ;

Adr @source,@destination ;

1. Si le chemin n'est pas disponible, nous créons un message RREQ contenant un champ supplémentaire appelé energy_t qui collecte l'énergie des nœuds chaque fois qu'une demande RREQ est transmise à un nœud qui n'est pas le nœud de destination jusqu'à ce que la demande atteigne le nœud destination.
2. Le nœud qui n'est pas le récepteur incrémente le nombre de sauts, ajoute ensuite sa valeur d'énergie au champ energy_t et puis rediffuse la requête aux voisins.
3. Si le nœud récepteur reçoit la requête RREQ il calcule le cumule par divise la valeur de champ energy_t par le nombre de sauts puis compare les cumules et choisie la meilleur parmi ces cumules et créé en suite la requête RREP puis envoyé le a travers ale chemin qui contient la meilleur cumule.

L'idée général de notre projet et de maximisé le duré de vie de notre réseau, a partir cette algorithme nous utilisons et favorisons les chemins qui contient le meilleur cumule d'énergie et réserver les chemins avec la basse énergie même si ces chemins avec le minimum nombre de sauts.

IV. 9.2. Environnement de travaille choisi

L'environnement NS2 permet la modélisation et la simulation des réseaux de communication, gâce à des fichiers TCL créé par l'utilisateur, il est très riche de protocoles (TCP/IP, FTP, Ethernet ...).

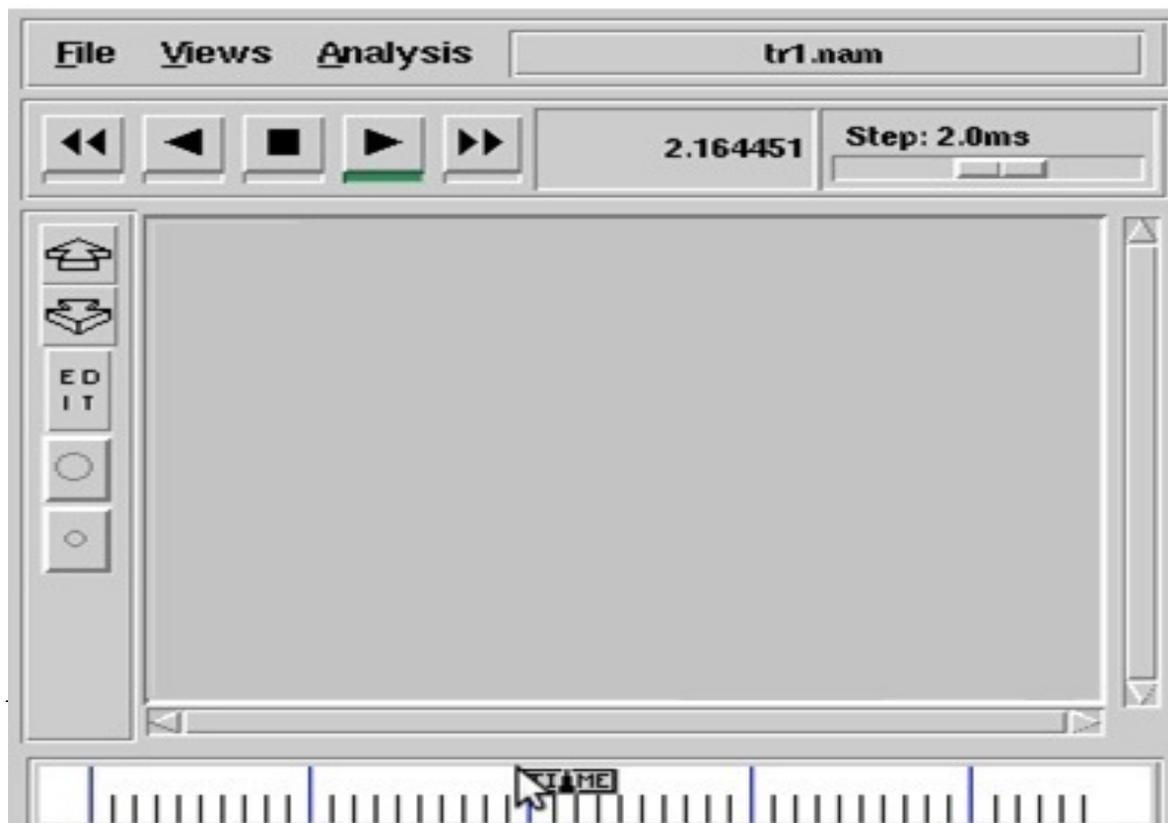
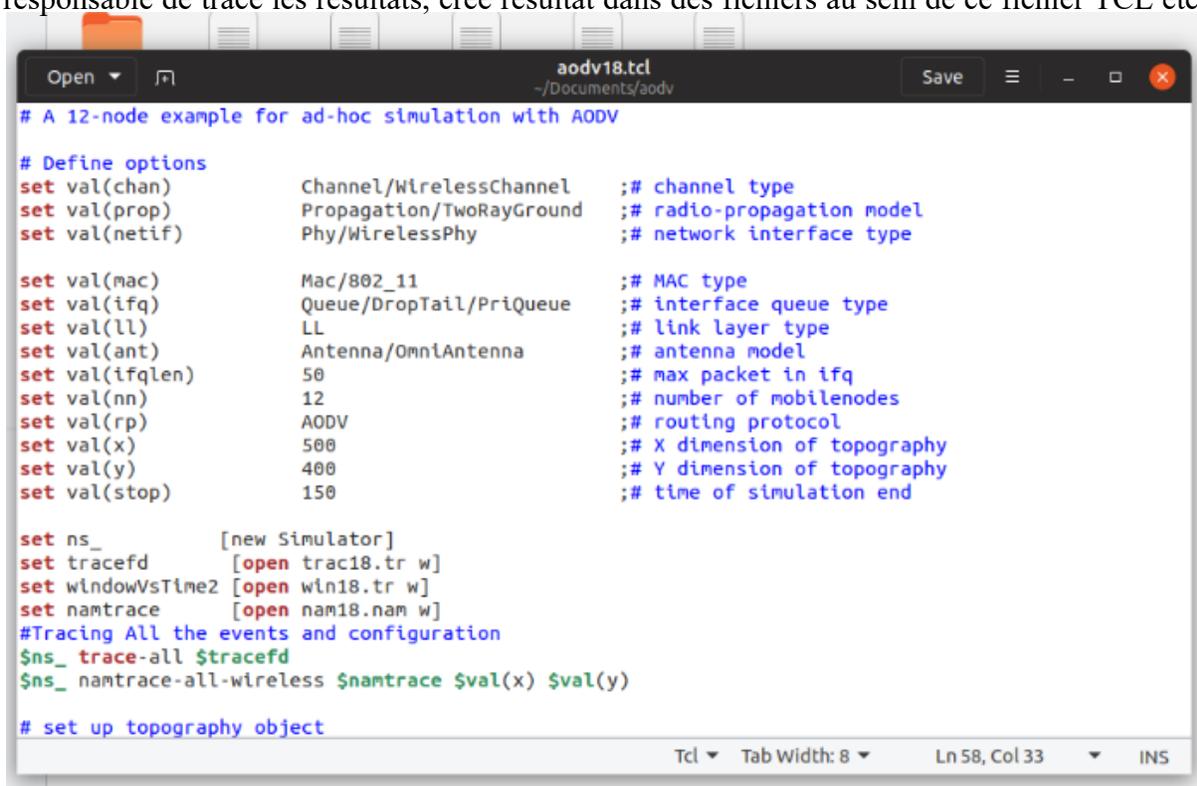


Figure IV.3 Simulateur NS2.

IV. 9.2. Simulation de l'algorithme

L'NS2 nécessite de créer un fichier TCL qui contient le nombre de nœuds, le protocole utilisé, type de connexion entre nœuds, gestion de mouvement des nœuds, les agents qui sont responsables de tracer les résultats, créent des résultats dans des fichiers au sein de ce fichier TCL etc.



```
# A 12-node example for ad-hoc simulation with AODV

# Define options
set val(chan) Channel/WirelessChannel ;# channel type
set val(prop) Propagation/TwoRayGround ;# radio-propagation model
set val(netif) Phy/WirelessPhy ;# network interface type

set val(mac) Mac/802_11 ;# MAC type
set val(ifq) Queue/DropTail/PriQueue ;# interface queue type
set val(ll) LL ;# link layer type
set val(ant) Antenna/OmniAntenna ;# antenna model
set val(ifqLen) 50 ;# max packet in ifq
set val(nn) 12 ;# number of mobilenodes
set val(rp) AODV ;# routing protocol
set val(x) 500 ;# X dimension of topography
set val(y) 400 ;# Y dimension of topography
set val(stop) 150 ;# time of simulation end

set ns_ [new Simulator]
set tracefd [open trac18.tr w]
set windowVsTime2 [open win18.tr w]
set namtrace [open nam18.nam w]
#Tracing All the events and configuration
$ns_ trace-all $tracefd
$ns_ namtrace-all-wireless $namtrace $val(x) $val(y)

# set up topography object
```

Figure IV.4 Fichier TCL.

Lors de l'exécution de fichier TCL, un fichier de type NAM (Animateur réseau) est créé

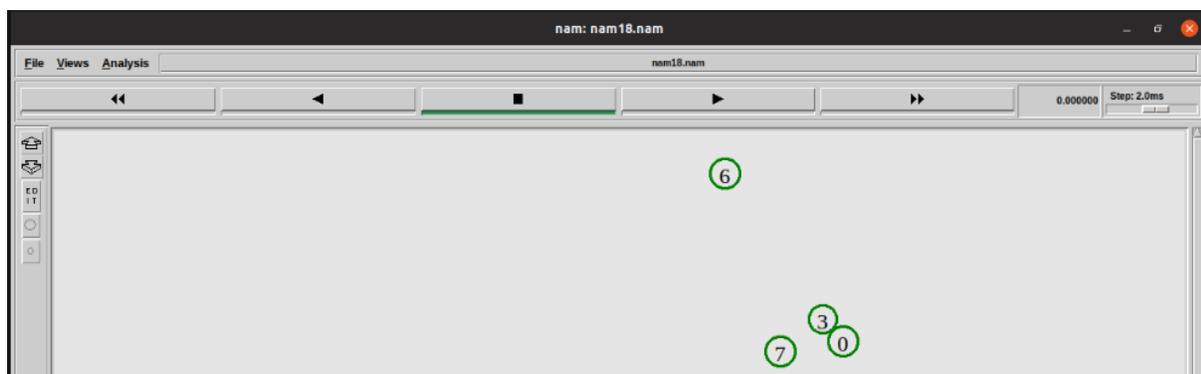


Figure IV.5 Animateur d'NS2.

IV. 10. Conclusion

Il existe une grande variété de simulateurs de réseau. je choisis NS2 à raison de sa simplicité de travail sur les nœuds sans fils.

Dans le chapitre suivant, nous posons notre résultat et commentons.

V. 1. Introduction

Dans ce chapitre nous réalisons deux scénarios de simulations :

Dans le premier scénario, nous testons le protocole AODV amélioré MCE-AODV en calculant la durée de vie du réseau et en modifiant le nombre de nœuds plusieurs fois.

Dans le deuxième scénario on fixe tous les paramètres et les caractéristiques de réseau et on change seulement le nombre de nœuds plusieurs fois.

On a évalué notre travail par la définition des paramètres qui ont une relation directe avec la durée de vie comme le nombre de paquets reçus, le délai et le débit. On termine par l'analyse des résultats et une conclusion.

V. 2. Les scénarios de simulation

V. 2.1. Premier scénario

Dans le première scénario nous avons comparé le duré de vie d'AODV par défaut avec MCE-AODV optimisé, ou chaque fois on change le nombre de nœuds.

La méthode utilisée pour calculer le duré de vie du réseau était comme suivante :

1. Créé des agents dans le but de collecter l'énergie des nœuds a chaque 5 minutes, puis divisé la Total d'énergie collecter par le nombre des nœuds choisi en premier, chaque nœud avec son propre agent.
 2. Enregistrez à chaque fois les résultats dans un fichier pour tracez le graphe en suivant
- Après l'utilisation de cette méthode en change le nombre des nœuds et son agents a chaque fois nous pouvons testé plus des nœuds.

V. 2.2. Graphes et résultats obtenus pour le scénario 1

Dans la section suivante nous allons présenter le processus de la simulation:

V. 2.2.1. Evaluation de duré de vie pour 6 nœuds

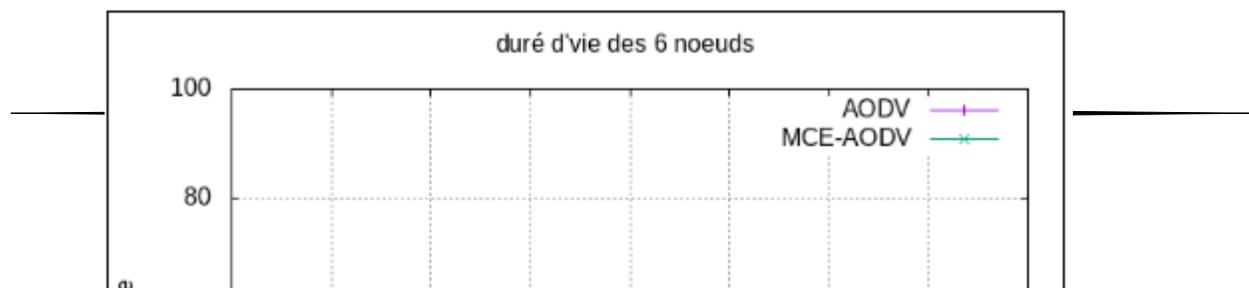


Figure V.1 duré de vie d'AODV vs MCE-AODV des 6 nœuds.

D'après la figure V.1 Comme prévu, le graphe de la métrique « duré de vie » d'MCE-AODV est plus performant qu'AODV par défaut avec une seule source. Le duré de vie MCE-AODV avec 6 nœuds est plus d'environ 10 minutes par rapport a AODV par défaut.

V. 2.2.2. Evaluation de duré de vie pour 12 nœuds

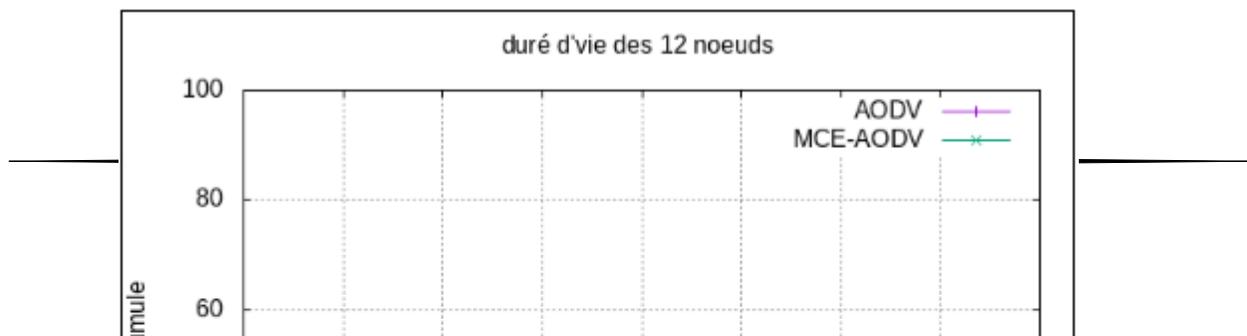


Figure V.1 duré de vie d'AODV vs MCE-AODV des 12 nœuds.

Cette figure « figure V.1 » montre que le duré de vie d'MCE-AODV est beaucoup mieux par rapport à l'AODV par défaut. Le duré de vie MCE-AODV avec 12 nœuds est plus d'environ 20 minutes par rapport a AODV par défaut.

V. 2.2.3. Evaluation de duré de vie pour 18 nœuds

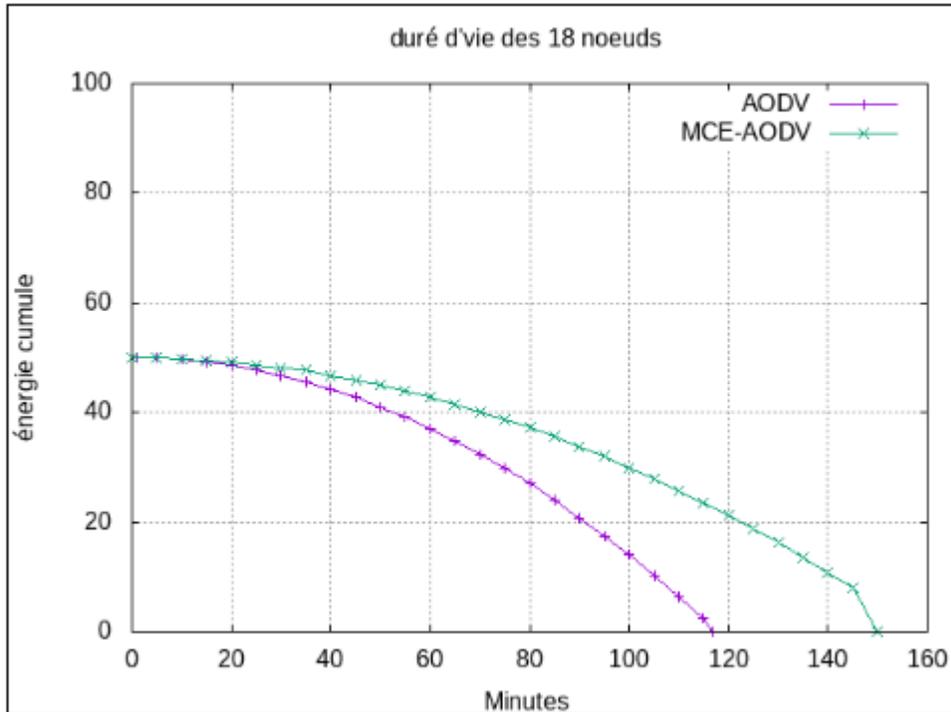


Figure V.1 duré de vie d'AODV vs MCE-AODV des 18 nœuds.

Cette figure « figure V.1 » montre que le duré de vie d'MCE-AODV est beaucoup mieux par rapport à l'AODV par défaut. Le duré de vie MCE-AODV avec 18 nœuds est plus d'environ 30 minutes par rapport a AODV par défaut.

V. 2.2.4. Résumé

Le duré de vie dans l'MCE-AODV reste toujours plus performant que le protocole AODV par défaut puisque il choisi le chemin de grand cumule d'énergie et protéger les chemins avec faible cumule, ca veut dire que l'MCE-AODV distribuer le travail aux nœuds qui ont plus d'énergie.