

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arreridj  
Faculté des Mathématiques et d'Informatique  
Département d'informatique



## MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme

**Master en informatique**

Spécialité : Réseau et multimédia

## THÈME

Un schéma de transmission NDN basé sur la qualité des  
liens dans le réseau véhiculaire

*Présenté par :*

ZEMMIT MEBARKA

LOMRI BOUTHYENA

*Soutenu publiquement le :* /06/2023

*Devant le jury composé de:*

**Président :** Bendiaf Messoud

MCB, Université de BBA

**Examineur :** Boumaza Farid

MAA, Université de BBA

**Encadreur :** Khelifi Hakima

MCB, Université de BBA

**2022/2023**

# Remerciement

*Nous remercions sincèrement "Dieu" Tout-Puissant de nous avoir assistés et de nous avoir accordé la patience et la capacité nécessaires pour accomplir cette tâche.*

*Nous souhaitons également exprimer notre gratitude spéciale à Mme "Zhelifi Hakima" pour ses conseils et son soutien constants tout au long de notre travail sur ce projet. Elle a été une précieuse mentore pour nous, et nous apprécions sa patience et ses directives.*

*Nous tenons également à remercier tous les enseignants de la Faculté des Mathématiques et de l'Informatique qui ne nous ont jamais refusé leur aide et leurs conseils tout au long de la préparation de ce résumé. Leur soutien a été précieux et a contribué au succès de ce travail.*

*Enfin, nous exprimons notre gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail. Que ce soit des proches ou des personnes éloignées, nous sommes reconnaissants à tous ceux qui ont apporté leur soutien et leur contribution à ce projet.*

# Dédicace

Je vois que mon parcours universitaire est déjà terminé, après une longue fatigue et des difficultés, et me voici aujourd'hui à conclure mes recherches de fin d'études avec toute mon énergie et mon activité, et à l'intérieur de moi est toute appréciation et gratitude envers tous ceux qui a été crédité de ma carrière et m'a aidé, quoique facilement.

Je remercie Allah Tout-Puissant en premier et en dernier, louez-le et son crédit, Je n'aurais pas fait sans la faveur d'Allah, louange à Allah au début et à la fin, louange à Allah le sentier n'est pas terminé et aucun effort n'a été scellé et je n'ai pas été recherché uniquement grâce à lui merci à Allah pour l'exhaustivité et pour le plaisir de l'accomplissement.

À ceux dont l'amour s'élève au-dessus de tout amour à ceux qui me montrent le chemin de la Science et me soutiennent et me fournissent les chemins du bonheur et du succès

À mon cher père, "**Farid**", que Dieu le sauve.

Mon premier professeur et mon soutien constant dans toutes les étapes de ma vie, une source de fierté et de bonheur que je ne vois que dans le monde.

Pour ma chère mère, "**Benarib Hadda**" a été béni par Allah.

Les grands jours, ceux où tu as veillé sur moi et m'a appris que la vie est faite d'obstacles, plus tu la passes, plus tu fais un pas vers le succès.

À mes frères "**Abdallah, Mohammed Ramadan**" et Ma sœur "**Amani**"

À l'amour sans fin ... et à la bonté sans bornes, à ceux avec qui j'ai partagé ma vie, tu es la vanité de ma vie, tu l'étends d'un claquement de mains, tu es mon précieux joyau et mon précieux trésor.

Aux Compagnons de mon Derby "**Mebarka, Mariem et Bouthyena**"

Qui m'ont toujours donné de la force et ont été le lieu de me pencher dans tous mes faux pas, ont été un câlin, un soutien et un phare pour moi et ont insufflé de l'optimisme sur mon chemin.

# Dédicace

A mes plus grands soutiens et sources d'inspiration, je dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance infinis.

A mon père " **Kadour** " qui m'a appris l'importance du travail acharné, de la persévérance et de l'honnêteté, je suis reconnaissante pour tes conseils avisés et ton soutien sans faille. Tu m'as inspiré à viser plus haut et poursuivre mes rêves. Je te suis infiniment reconnaissante pour ton soutien indéfectible, ta confiance en moi et ton amour.

A ma mère " **Bahia** " qui a toujours été mon port d'attachement et ma boussole, merci pour ton amour inconditionnel, ton dévouement et ton soutien inébranlable. Tu as été la lumière qui a éclairé mon chemin dans les moments sombres et tu as toujours cru en moi, même lorsque je doutais.

A mes frères " **Youcef, Mounir et Khayreddine** " ainsi qu'à mes sœurs adorées " **Messaouda, Soumia et Houria** " merci pour votre soutien constant, votre humour contagieux et votre présence réconfortante. Vous êtes ma joie et mon bonheur, et je suis fière de vous avoir dans ma vie.

A ma chère amie « Hadeel », qui a été un soutien encourageant tout au long de mon parcours scolaire.

Enfin, à mon binôme " **Bouthyena** " qui est devenue une amie chère et collaboratrice talentueuse, merci pour notre collaboration fructueuse et notre amitié. Tu as été une source d'inspiration et de motivation pour moi tout au long de ce parcours.

Zemmit mebarka.

# Résumé

Le Named Data Networking (NDN) est une nouvelle architecture Internet qui vise à répondre aux besoins des réseaux dédiés tels que les réseaux de véhicules dédiés « **Véhicule network ad hoc** » (VANETs). Dans le contexte des VANETs, où la topologie du réseau change fréquemment, l'NDN propose des solutions adaptées pour assurer la transmission efficace des données.

L'objectif de cette étude est de déterminer la meilleure stratégie pour la transmission et la livraison des données dans un environnement VANETs, en minimisant les pertes de données et en préservant la qualité des transmissions. Pour cela, différentes stratégies sont évaluées et comparées afin de déterminer la plus performante.

# Abstract

Named Data Networking (NDN) is a new Internet architecture designed to meet the needs of dedicated networks such as dedicated vehicle networks « **Véhicule network ad hoc** » (VANET). In the context of VANET, where the network topology changes frequently, the NDN offers adapted solutions to ensure the efficient transmission of data.

The objective of this study is to determine the best strategy for data transmission and delivery in a VANET environment, minimizing data loss and preserving transmission quality. For this, different strategies are evaluated and compared to determine the most effective.

## ملخص

شبكة البيانات المسماة (NDN) هي بنية إنترنت جديدة مصممة لتلبية احتياجات الشبكات المخصصة مثل شبكات المركبات المخصصة (VANET). في سياق VANET، حيث تتغير طوبولوجيا الشبكة بشكل متكرر، تقدم NDN حلاً لمكيفة لضمان نقل البيانات بكفاءة.

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد أفضل استراتيجية لنقل البيانات وتسليمها في بيئة VANET، وتقليل فقدان البيانات والحفاظ على جودة الإرسال. ولهذا الغرض، يجري تقييم استراتيجيات مختلفة ومقارنتها لتحديد أكثر الاستراتيجيات فعالية.

# Table des matières

<b>Liste des abréviations .....</b>	<b>xi</b>
<b>Liste des figures .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>xiv</b>
<b>Introduction Générale .....</b>	<b>1</b>
Contexte .....	1
Objectifs.....	2
Méthodologie et résultats .....	3
Structure du rapport.....	4
<b>Chapitre 01: Les réseaux VANETs.....</b>	<b>5</b>
1.1. Introduction.....	5
1.2. Les réseaux mobiles .....	6
1.3. Les réseaux mobiles Ad hoc .....	6
1.3.1. Les caractéristique de réseaux Ad hoc .....	7
1.3.2. Les type de réseau Ad hoc .....	8
1.3.3. comparaison entre les types de réseau Ad hoc .....	11
1.3.4. les avantages de réseau Ad hoc.....	11
1.4. Les réseaux VANETs .....	12
1.4.1. Les modes de communication dans les VANETs.....	12
1.4.2. Applications des réseaux VANETs.....	14
1.4.2. Les Avantages.....	15
1.5. Conclusion.....	15
<b>Chapitre 02: Named Data Network .....</b>	<b>16</b>



2.1. Introduction.....	16
2.2. Definition de Named data network.....	17
2.3. Historique.....	18
2.4. Les Avantage.....	18
2.5. Les Application de NDN.....	18
2.6. Architecture de NDN.....	19
2.7. Routage dans NDN.....	20
2.8. Routage NDN dans VANETs.....	23
2.8.1 Les Avantage de NDN dans VANETs.....	24
2.8.2 défis de NDN dans VANETs.....	25
2.9. Conclusion.....	26
<b>Chapitre 03: Stratégie de transmission du NDN.....</b>	<b>27</b>
3.1. Introduction.....	27
3.2 Les stratégies de transmission de NDN.....	27
3.2. Comparaison entre les strategies.....	28
3.3. Qualité de lien.....	28
3.4. Conclusion.....	34
<b>Chapitre 04 : Réalisation et Simulation.....</b>	<b>35</b>
4.1. Introduction.....	35
4.2. Choix de simulateur.....	35
4.2.1 Présentation des simulateurs NS-3/ndnSIM.....	35
4.2.2 Installation des simulateurs NS-3/ndnSIM.....	37
4.2.3 Installation de simulateur SUMO.....	37
4.2.4 OpenStreetMap.....	38
4.3. Scénarios de simulation.....	38
4.4 Résultats de simulation.....	41
4.5 Conclusion.....	50
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>51</b>
Contributions.....	51
Critique du travail.....	51

Travaux futurs et perspectives.....	51
<b>Bibliography .....</b>	<b>52</b>

# Liste des abréviations

CNN	Convolutional neural network
CS	Content store
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
FANET	flying ad hoc network
FIB	forwarding information base
IOT	internet of think
IP	internet protocol
IPv3	internet protocol version 3
IPv6	intrenet protocol version 6
GPS	Global positioning system
NDN	named data network
NDN-SIM	named data network simulator
NS-3	network simulator 3
OBU	on bord unit
PIF	pending interest table
RSU	Road side unit
SPAN	Smart phone ad hoc network
SUMO	Simulation of Urban Mobility
TCP	Transmission control protocol

UDP	User datagram protocol
VANET	Vehicular ad-hoc network
V2V	véhicule to véhicule
V2I	Vehicle to Infrastructure
Wi-Fi	wireless fidelity

# Liste des figures

Figure 1: exemple d'un réseau ad hoc (sans infrastructure).....	7
Figure 2 : la topologie dynamique de réseau ad hoc .....	7
Figure 3 : un réseau ad hoc VANET .....	9
Figure 4: un réseau ad hoc SPANs .....	9
Figure 5 : un réseau ad hoc FANET.....	10
Figure 6 : Les modes de communication dans le réseau VANET.....	13
Figure 7 : Type de paquet NDN .....	20
Figure 8 : Routage dans NDN.....	22
Figure 9: Le processus d'évaluation de la qualité de lien .....	30
Figure 10: topologie de simulation sans véhicule.....	39
Figure 11: Topologie de simulation avec véhicule .....	40
Figure 12: Perte (a) /Débit (b) / Délai (c) pour 20 paquet sans véhicule.....	42
Figure 13: Perte (a) /Débit (b) / Délai (c) pour 100 paquet sans véhicule.....	44
Figure 14: Perte (a) /Débit (b) / Délai (c) pour 20 paquet avec véhicule.....	47
Figure 15: Perte (a) /Débit (b) / Délai (c) pour 100 paquet avec véhicule.....	48

# Liste des tableaux

<u>Tableau 1 : comparaison entre les types de réseau ad hoc .....</u>	<u>11</u>
<u>Tableau 2 : comparaison entre les Stratégie .....</u>	<u>29</u>
<u>Tableau 3 : Tableau 04 : La comparaison des valeurs des mesures entre différentes stratégies pour 20 paquets.....</u>	<u>43</u>
<u>Tableau 4 : Tableau 04 : La comparaison des valeurs des mesures entre différentes stratégies pour 100 paquet .....</u>	<u>45</u>
<u>Tableau 5: La différence dans les valeurs des mesures pour 20 paquets et 100 paquets .....</u>	<u>49</u>

# **Introduction Générale**

## **Contexte**

Dans un monde en constante évolution, le domaine des réseaux de communication joue un rôle essentiel, notamment en ce qui concerne le transfert de données et l'échange d'informations entre différents systèmes. Parmi les réseaux importants, les réseaux de véhicules occupent une place primordiale.

Les réseaux de véhicules, également connus sous le nom de VANETs (Vehicle Ad-Hoc Networks), sont des réseaux sans fil qui permettent une communication transparente et l'échange d'informations entre les véhicules et l'infrastructure routière. Ils ont été spécifiquement développés pour améliorer la sécurité routière et l'efficacité de la circulation en fournissant des services supplémentaires aux conducteurs et aux passagers.

## **Problématique**

Au fil du temps, les réseaux de véhicules ont connu une évolution constante afin de relever les défis liés à la circulation et d'offrir une meilleure expérience aux utilisateurs. Ces réseaux permettent une communication bidirectionnelle entre les véhicules, ainsi qu'entre les véhicules et l'infrastructure, facilitant ainsi la transmission d'informations importantes telles que les alertes de sécurité, les conditions de circulation, les informations sur les parkings disponibles, les services de navigation, etc.

En effet, NDN (Named Data Networking) joue un rôle crucial dans le transfert de données, en particulier dans les réseaux qui connaissent des changements de topologie tels que les réseaux de véhicules. NDN propose une approche novatrice basée sur le contenu, permettant une transmission efficace des données entre les nœuds du réseau avec un risque minimal de perte de paquets.

## Objectifs

La qualité de lien entre les nœuds du réseau de véhicules est influencée par divers facteurs, notamment la stratégie de transmission adoptée. La stratégie de transmission joue un rôle crucial dans la façon dont les données sont acheminées et échangées entre les nœuds du réseau. Différentes stratégies de transmission peuvent être mises en œuvre, telles que la stratégie de meilleure route (best rout), la diffusion multicast, la stratégie basée sur le contrôle du client (client control), et d'autres encore.

Afin de démontrer l'impact de la qualité de lien dans différentes stratégies, nous proposons une étude approfondie où différentes stratégies seront expérimentées, extraites et comparées pour déterminer la meilleure stratégie en termes de qualité de l'association.

Dans cette étude, nous mettrons en place un environnement expérimental représentant un réseau de véhicules, en utilisant des outils tels que ndnSIM et SUMO. Nous configurerons différentes stratégies de transmission, telles que la meilleure route, la diffusion multicast, la stratégie basée sur le contrôle du client, etc.

Nous collecterons ensuite des données de performance, telles que la latence, le débit et la fiabilité de la liaison, pour chaque stratégie expérimentée. Ces données seront analysées et comparées afin de déterminer la stratégie qui offre la meilleure qualité de l'association dans le contexte du réseau de véhicules.

Nous pourrions ainsi identifier les forces et les faiblesses de chaque stratégie, ainsi que leur impact sur la qualité de l'association. En se basant sur ces résultats, nous pourrions recommander la meilleure stratégie à adopter pour optimiser la qualité de l'association dans un réseau de véhicules spécifique.



Cette étude permettra de mieux comprendre l'effet des différentes stratégies d'orientation sur la qualité de l'association dans les réseaux de véhicules, et elle fournira des informations précieuses pour les concepteurs de réseaux et les chercheurs travaillant dans ce domaine.

## **Méthodologie et résultats**

Pour mener notre étude et atteindre nos objectifs, nous avons installé des simulateurs ndnSIM et SUMO sur le système d'exploitation Ubuntu. Nous avons également utilisé OpenStreetMap pour extraire le scénario en tant que fichier.osm, puis nous l'avons converti en fichier.tcl, Comme nous avons utilisé le code C++, nous avons créé deux scénarios, l'un avec un nœud composite et l'autre sans, et nous avons expérimenté différentes stratégies en changeant le nombre de paquets envoyés.

Ainsi, nous avons pu obtenir des résultats pour les cas où des colis ont été perdus et pour les cas où ils ont été reçus avec succès, couvrant ainsi tous les cas possibles. Après avoir extrait les résultats, nous les avons convertis en graphiques pour les analyser et arriver à une conclusion dans notre étude, qui est de déterminer la meilleure stratégie en termes de qualité du lien.

## Structure du rapport

Notre mémoire est composé de six chapitres bien organisés :

Dans **le premier chapitre**, nous avons examiné le contexte de notre étude concernant le réseau de véhicules et le modèle NDN. Nous avons également clarifié notre objectif de cette étude ainsi que la méthodologie utilisée pour sa réalisation.

Dans **le deuxième chapitre**, nous abordons la définition des réseaux ad hoc, ainsi que leurs caractéristiques, types et avantages. Ensuite, nous nous concentrons sur la définition des réseaux Véhiculer Ad hoc Network (VANET), les modes de communication utilisés dans ce type de réseau, ainsi que leurs caractéristiques, applications et avantages.

Dans **le troisième chapitre**, nous avons d'abord abordé le concept du réseau de données (NDN), en soulignant son histoire et sa définition. Deuxièmement, en soulignant ses avantages, ses applications et ses défis. Nous avons également exploré la structure, la direction et la transmission des données dans des réseaux de véhicules spécialisés, en mettant l'accent sur les avantages et les défis associés à ces aspects.

Dans **le quatrième chapitre**, nous avons introduit les stratégies de routage et mentionné les plus importantes. Nous avons également mis en évidence les différences entre elles. En outre, nous avons défini la qualité de liaison et montré son impact sur différentes stratégies à travers plusieurs mesures.

Dans **le cinquième chapitre**, nous avons présenté les outils de simulation utilisés, ainsi que les commandes d'installation associées. Nous avons également défini les scénarios utilisés sur lesquels nous avons appliqué différentes stratégies, puis nous avons extrait les résultats et les avons convertis en courbes graphiques pour les analyser.

Dans **le dernier chapitre**, en se basant sur notre compréhension issue de l'étude, nous avons présenté une conclusion générale qui résume nos résultats et met en évidence les principales conclusions auxquelles nous sommes parvenus, ainsi que certaines critiques et travaux futurs que nous souhaitons réaliser.

# **Chapitre 01 : Les réseaux VANETs**

## **1.1 Introduction**

Dans notre société connectée, les réseaux jouent un rôle essentiel en permettant la communication et l'échange d'informations entre les individus, les dispositifs et les systèmes. Parmi les différents types de réseaux, ceux dédiés aux véhicules occupent une place prépondérante en tant qu'avenir des véhicules à travers le monde. Ces réseaux facilitent l'échange d'informations entre les véhicules, que ce soit par le biais d'une communication véhicule à véhicule (V2V) ou par une connexion directe à l'infrastructure routière via les stations de communication RSU (Roadside Units) dans une approche V2I (Vehicle-to-Infrastructure).

Les réseaux de véhicules revêtent une grande importance, car ils ont pour objectif d'améliorer l'expérience de conduite, d'accroître la sécurité routière et de contribuer à la réduction des accidents de la circulation grâce à diverses applications spécifiquement développées pour ces réseaux de véhicules.

Ce chapitre se concentrera sur les aspects généraux des réseaux, notamment leur définition, leurs caractéristiques clés, leurs différents types et les distinctions entre ces types. Ensuite, nous explorerons plus en détail les réseaux de véhicules afin de comprendre leurs caractéristiques spécifiques, les différents modes de communication entre les véhicules, ainsi que quelques exemples d'applications qui exploitent ces réseaux.

## **1.2 Les réseaux de communication :**

Le réseau est défini comme reliant au moins deux systèmes informatiques entre eux via une connexion filaire ou sans fil dans le but de partager des ressources entre eux et de faciliter l'accès à d'autres données, pour les systèmes composés de plus de deux ordinateurs (10 appareils et plus) adoptent généralement le modèle client/serveur afin que l'ordinateur serveur mette ses ressources à la disposition d'autres appareils (clients).

## 1.3 Les réseaux mobiles ad hoc :

Il est également appelé Mobile Ad Hoc Network (MANET) [1] il s'agit un ensemble de dispositifs capables de se déplacer et de communiquer entre eux sans fil et sans aucune administration centralisée (la gestion est répartie) comme le montre la figure 1, de sorte que chaque nœud agit comme un routeur et hôte en même temps, Les réseaux dédiés sont utilisés comme réseaux d'expansion pour les réseaux filaires et sont utilisés dans de nombreux domaines, dont le plus important est le domaine militaire.

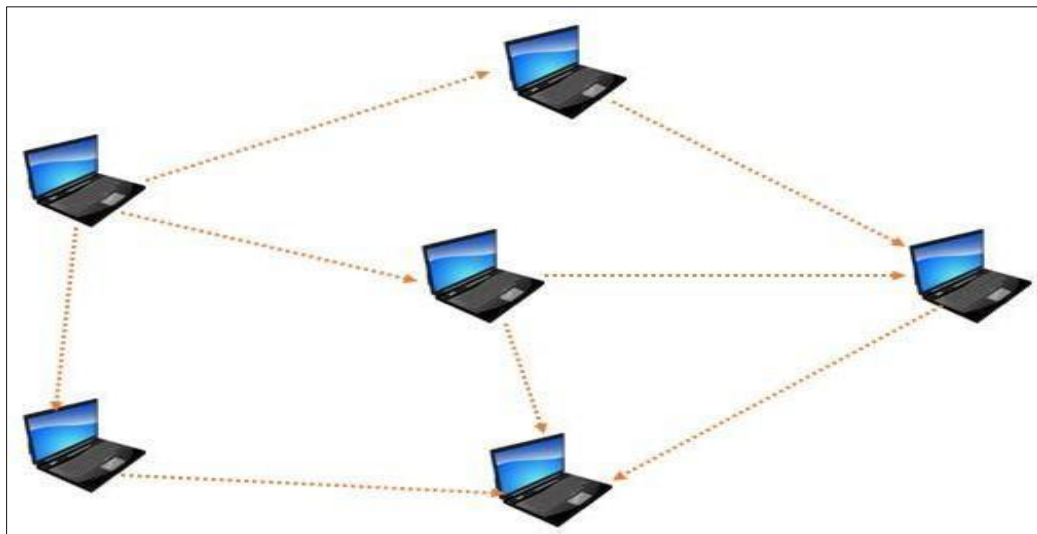


Figure 1 : Exemple d'un réseau ad hoc (sans infrastructure).

### 1.3.1 Les caractéristiques des réseaux ad hoc

#### ✓ Une topologie dynamique :

Une caractéristique très importante des réseaux ad hoc est la capacité des nœuds à se déplacer librement dans le réseau, ce qui entraîne une modification de la topologie du réseau, ce qui signifie une modification du protocole de routage dans les nœuds à la suite d'une modification des liens entre eux (figure 2).

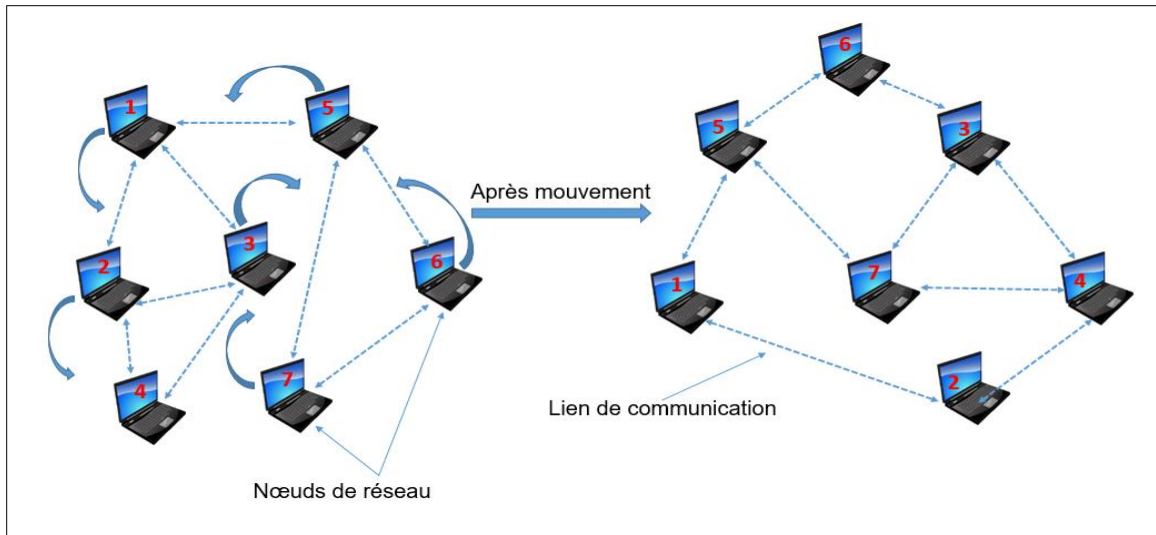


Figure 2 : la topologie dynamique de réseau ad hoc.

### ✓ L'absence d'infrastructure :

Le réseau ad hoc ne repose sur aucune infrastructure, de sorte qu'il n'y a pas d'administration centrale au fur et à mesure que le contrôle est distribué entre les nœuds de réseau.

### ✓ Hétérogénéité des nœuds:

L'homogénéité des nœuds dans le réseau ad hoc n'est pas nécessaire en termes de capacité à traiter (CPU, mémoire) la mobilité (faible, haut), la taille (grand, petit) et les logiciels, à condition qu'il y ait des procédures qui permettent à ces différents nœuds de communiquer.

### ✓ La taille de réseau :

Le nombre de nœuds dans le réseau ad hoc est limité parce qu'il s'agit souvent d'un réseau auxiliaire de réseau filaire (expansion du réseau filaire).

### ✓ Multi-sauts:

Pour éviter les obstacles, réduire la consommation d'énergie, réduire le temps d'accès ou atteindre un nœud qui n'est pas accessible à l'expéditeur, les réseaux ad hoc utilisent la technologie des sauts multiples.

### ✓ Routage:

Le routage dans les réseaux ad hoc varie en fonction de l'évolution de la topologie du réseau en raison de la mobilité continue des nœuds et des changements de connectivité.

## 1.3.2 Les types de réseau ad hoc

Il existe plusieurs types de réseau ad hoc on cite :

### ✓ Vehicular Ad hoc Network (VANETs):

Ce sont des réseaux avec une infrastructure où les nœuds du réseau sont des véhicules qui communiquent entre eux à l'aide des ondes radios comme présenté dans la figure 3.

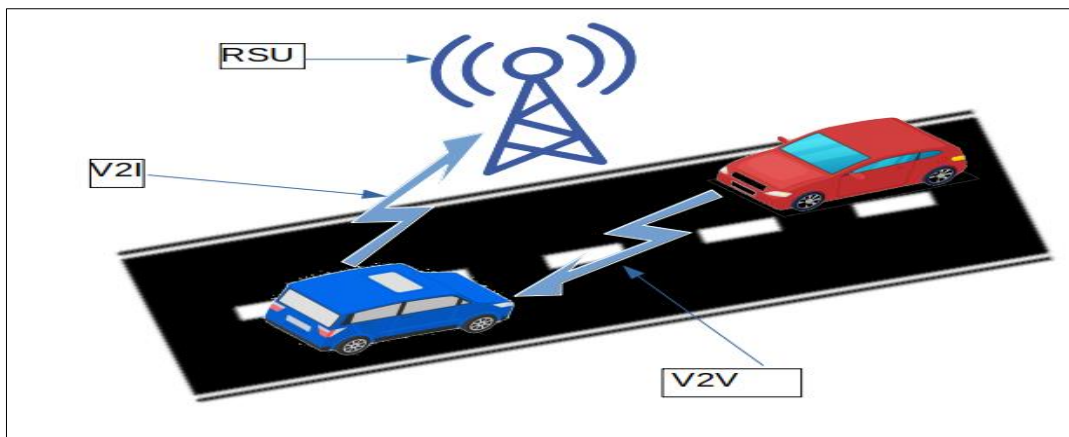


Figure 3 : un réseau ad hoc VANET

### ✓ Smartphones ad hoc network (SPANs):

Les nœuds du réseau sont des smartphones communiquent entre eux via Wi-Fi ou Bluetooth (figure 4).

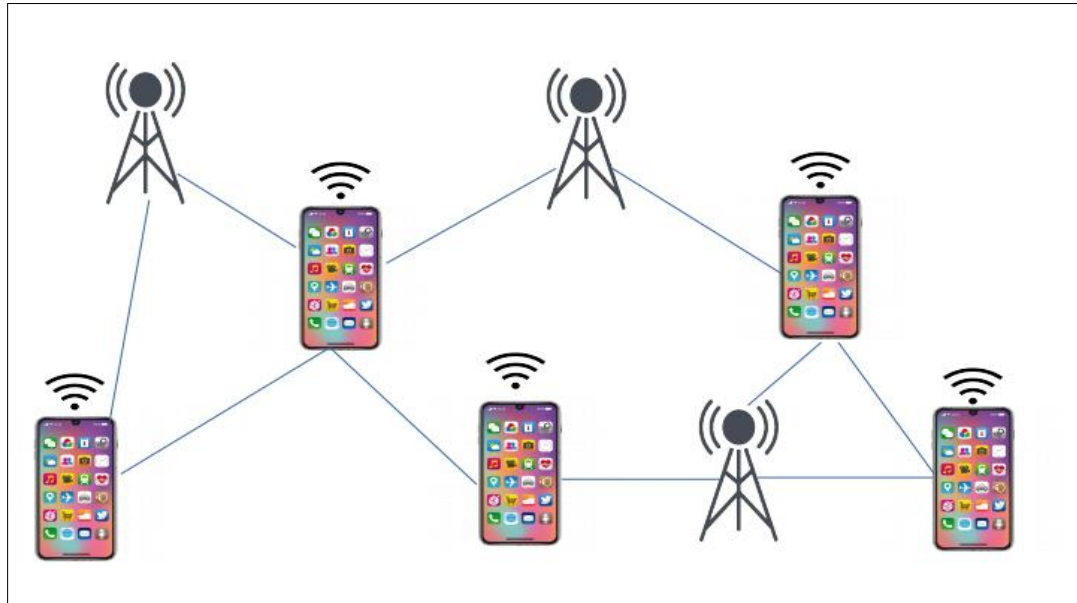


Figure 4 : un réseau ad hoc SPANs .

### Flying Ad hoc Network (FANETs):

Comme les réseaux VANETs, les réseaux FANETs sont des réseaux avec infrastructure ou les nœuds du réseau sont des aéronefs (figure 5).

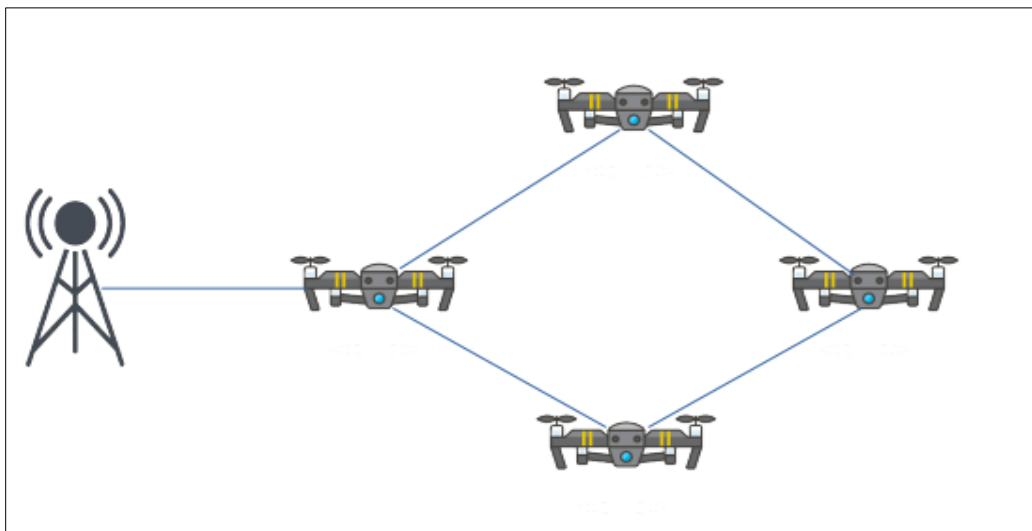


Figure 5 : un réseau ad hoc FANET

### 1.3.3 Comparaisons entre les types de réseau ad hoc

Le tableau suivant (Tableau 1) présente les principales différences entre les types de réseaux ad hoc en termes de type, de densité, de mobilité des nœuds, de topologie, de modèle de propagation, de consommation d'énergie et de localisation.

	<b>SPANs</b>	<b>VANETs</b>	<b>FANETs</b>
<b>Type de nœud</b>	Les téléphones portables, Tablet.... etc.	Voitures, camions, motos, Ambulances.....etc.	Drone, avions ....etc.
<b>Densité de nœuds</b>	Faible	Haut	Très faible
<b>Mobilité des nœuds</b>	Faible	Haut	Très haut
<b>Modèle de mobilité</b>	Aléatoire 2D/3D	Régulier 2D	Aléatoire/ Régulier 3D
<b>Changement topologie connectivité</b>	Moyen	Haut	Haut
<b>Modèle de propagation</b>	Dans la terre	Dans la terre	Dans l'air
<b>Consommation d'énergie</b>	faible	Haut	Très haut
<b>Localisation</b>	GPS	GPS /AGPS/DGPS	GPS/AGPS/DGPS/IMU

Tableau 1 : Comparaisons entre les types de réseau ad hoc.

### 1.3.4 Les avantages de réseau ad hoc

- ✓ Éliminez le besoin d'un routeur en connectant les appareils directement les uns aux autres à l'aide de leurs adaptateurs réseau sans fil, c'est-à-dire qu'ils fournissent un routeur gratuit.



- ✓ La possibilité d'accéder facilement à divers fichiers dans différents appareils et sans avoir besoin d'un routeur sans fil.
- ✓ La possibilité de déplacer confortablement des appareils sur le réseau sans avoir à réinitialiser leurs paramètres.
- ✓ Pas besoin de configuration complexe d'appareils dans le réseau.

### **1.3.5 Les inconvénients de réseau ad hoc**

- ✓ Topologie non prédictible.
- ✓ Capacités limitées.
- ✓ Taux d'erreur important.
- ✓ Sécurité.

## **2.4 Le réseau VANET**

Une forme de réseau ad hoc, est un système composé d'un ensemble de véhicules et des dispositifs Road Side Unit (RSU) où les véhicules représentent les nœuds de réseau avec des appareils sans fil qui leur permettent d'envoyer et de recevoir des données entre eux ou avec RSU afin d'assurer le trafic approprié et de réduire accidents de la circulation [2].

### **1.4.1 Mode de communication**

Il existe 3 modes de communication dans le système VANET, qui sont présentés à la Figure 6 et décrits comme suit :

#### **✓ Véhicule-véhicule (V2V) :**

Dans le mode de communication véhicule-véhicule les données sont échangées entre les véhicules sans l'interférence du dispositif RSU, dans ce mode de communication la technologie de multi-sauts est utilisée pour atteindre différents nœuds.

### ✓ Véhicule-infrastructure(V2I) :

V2I Est un modèle de communication qui permet le partage d'informations entre les véhicules et les dispositifs RSU. La communication V2I généralement sans fil et bidirectionnelle : les données sont transférées des composants d'infrastructure au véhicule et vice versa.

### ✓ Communication hybride :

Ce type de communication est une combinaison des deux modes principaux (V2V & V2I) où les véhicules sont connectés entre eux et entre les véhicules et les dispositifs RSU en même temps. Ce type de connexion vise à réduire les dispositifs RSU trouvés sur les routes.

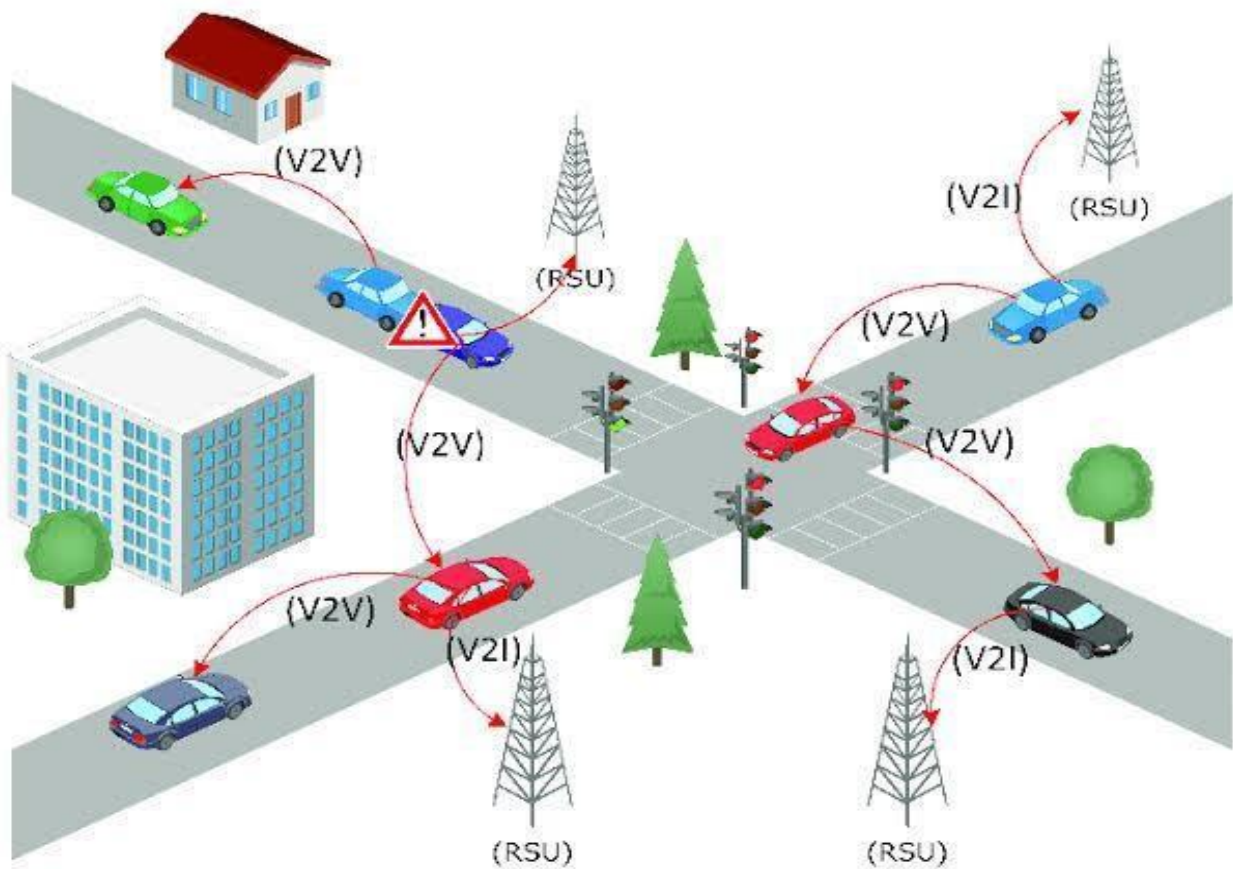


Figure 6 : les modes de communication dans le réseau VANET [3]

## 1.4.2 Les caractéristiques de VANET

### ✓ Changement topologique connectivité :

Changements de la topologie du réseau dans VANETS en raison de la mobilité rapide et continue du véhicule.

✓ **Type de nœuds :**

Dans VANET, les véhicules sont différents en termes de caractéristiques et de types, mais ils sont capables de communiquer en raison de la similarité des dispositifs de communication sans fil.

✓ **Mobilité des nœuds et modèle de mobilité :**

Les nœuds se propage dans VANET régulièrement (en fonction de la direction de la route) et se déplace très rapidement. Ceci conduit à une consommation d'énergie élevée et à un changement permanent de la topologie du réseau

### **1.4.3 Les application de réseau VANET**

Les applications VANET peuvent être divisées en deux grandes catégories : les applications de sécurité et d'infodivertissement.

**1. Applications en matière de sécurité :**

Ces applications visent à améliorer la sécurité routière, à prévenir les accidents et à aider les conducteurs à prendre les mesures appropriées. Ces applications comprennent plusieurs types à tour de rôle tels que:

- ✓ Avertissement d'impact.
- ✓ Avertissement de vitesse.
- ✓ Avertissement d'angle mort.
- ✓ Aide au conducteur.

## **2. Applications d'infodivertissement :**

Ces applications visent à fournir les informations nécessaires aux conducteurs et aux passagers et à fournir des divertissements sur leurs voyages. Ces éléments comprennent :

- ✓ Systèmes de navigation.
- ✓ Services d'information et de divertissement.
- ✓ Accès à Internet.
- ✓ Services d'urgence.

### **1.4.4 Les avantages de VANET :**

- ✓ Réduire la congestion routière
- ✓ Améliorer l'efficacité de la conduite
- ✓ Assurer la sécurité routière
- ✓ Réduit la pollution de l'environnement en réduisant la consommation de carburant
- ✓ Assurer le confort du conducteur
- ✓ Réduit la perte de temps et la consommation d'énergie

### **1.4.5 Les inconvénients :**

**Canal radio partagé et limité :** Un canal radio à fréquence statique est partagé entre tous les nœuds du réseau ce qui limitera le flux de données et la bande passante surtout dans les endroits denses.

**Les interférences :** Un réseau véhiculaire utilise les transmissions radio pour l'échange d'information ce qui rend les communications exposées aux interférences. Ces interférences font augmenter le taux d'erreurs de transmission, et rendent les messages incompréhensibles par le récepteur.

## **1.5 Conclusion**

Grâce à ce qui précède, nous avons constaté que les réseaux sont très importants dans notre monde actuel, en particulier les réseaux de véhicules, qui sont devenus nécessaires et inévitables en raison de leur importance critique pour faciliter la communication et le transfert de données entre les véhicules, ainsi que leur contribution à l'amélioration de l'expérience de conduite et au confort maximal des conducteurs et à leur sécurité.

# Chapitre 02: Named Data Network

## 2.1 Introduction:

Pendant de nombreuses années, le protocole IP a été le protocole principal utilisé pour le traitement et l'encapsulation des données en paquets IP, ainsi que pour le routage de ces paquets de nœud en nœud à travers le réseau. IP utilise des adresses IP pour identifier les périphériques, et les paquets sont acheminés en fonction de ces adresses grâce à des tables de routage. Cependant, cette approche peut poser des problèmes dans les réseaux présentant une topologie changeante, où les nœuds se déplacent fréquemment, entraînant des changements d'adresse IP liés à leur emplacement.

Pour résoudre ce problème, il a été nécessaire de trouver un nouveau protocole, et l'un des protocoles proposés est le protocole NDN (Named Data Networking), un nouveau modèle de réseau qui adopte une approche axée sur le contenu plutôt que sur l'IP. Au lieu de se concentrer sur le routage des paquets basé sur des adresses IP, NDN se concentre sur le routage des données elles-mêmes en utilisant des noms de données uniques. Dans NDN, les données sont identifiées par leur nom, et les nœuds du réseau peuvent les stocker dans leurs caches. Lorsqu'une demande de données est émise, le nœud recherche d'abord localement dans ses caches et fournit les données s'il les possède. Sinon, il peut demander les données à d'autres nœuds du réseau en envoyant des requêtes.

Ainsi, le protocole NDN offre une approche novatrice en permettant de router les données directement en utilisant leurs noms plutôt que de se baser sur les adresses IP. Cela présente des avantages potentiels en termes d'efficacité de communication et de gestion des données dans les réseaux où les nœuds se déplacent fréquemment.

Dans ce chapitre, nous allons présenter le concept de Named Data Networking (NDN) et discuter de son histoire, de ses avantages et de ses applications potentielles. Nous examinerons également en détail son architecture et ses mécanismes de routage. La partie la plus importante de

ce chapitre portera sur le rôle du NDN dans les réseaux de véhicules et les défis auxquels il est confronté.

## **2.2 Définition :**

Named Data Networking (NDN) est l'un des cinq projets financés par la National Science Foundation des États-Unis dans le cadre de son programme Future Internet Architecture. NDN a ses racines dans un projet antérieur, Content-Centric Networking (CCN) [2].

Le projet NDN étudie l'évolution proposée par Jacobson de l'architecture de réseau (IP) centrée sur l'hôte d'aujourd'hui à une architecture de réseau (NDN) centrée sur les données. Ce changement conceptuellement simple a des implications profondes sur la façon dont nous concevons, développons, déployons et utilisons les réseaux et les applications.

## **2.3 Historique :**

La philosophie derrière NDN a été lancée par Ted Nelson en 1979 et plus tard par « Brent Baccala » en 2002. En 1999, le projet TRIAD de Stanford a proposé d'éviter les recherches DNS en utilisant le nom d'un objet pour acheminer vers une réplique proche de celui-ci. En 2006, le projet d'Architecture de réseau orientée Données (DONA) de l'Université de Californie à Berkeley et de l'ICSI a proposé une architecture de réseau centrée sur le contenu, qui a amélioré la TRIADE en incorporant la sécurité (authenticité) et la persistance en tant que primitives de première classe dans l'architecture. Van Jacobson a donné une conférence Google, une nouvelle façon de voir le réseautage, en 2006 sur l'évolution du réseau, et a fait valoir que NDN était la prochaine étape. En 2009, PARC a annoncé son architecture centrée sur le contenu dans le cadre du projet CCNx, dirigé par Jacobson, à l'époque chercheur au PARC. Le 21 septembre 2009, PARC a publié les spécifications d'interopérabilité et publié une première implémentation open source (sous licence GPL) du projet de recherche sur les réseaux centrés sur le contenu sur le site du Projet CCNx. Le NDN est un exemple d'une direction de recherche plus générale sur les réseaux appelée réseau centré sur l'information (ICN), sous laquelle différentes conceptions d'architecture ont émergé. Le Groupe de travail sur la recherche sur Internet (IRTF) a créé un groupe de travail sur la recherche du CII en 2012 [5].

## 2.4 Avantage de NDN :

- ✓ Requête formulée directement par le nom de donnée.
- ✓ Sécurise l'échange des informations.
- ✓ L'avantage majeur de NDN est son évolutivité.
- ✓ permet un échange de messages beaucoup plus flexible et efficace.

## 2.5 Application de NDN :

### ✓ Réseau de distribution de contenu :

Peut réduire la charge sur les serveurs en mettant en cache les données fréquemment consultées à différents points du réseau.

### ✓ Internet of Thing (IoT) :

Peut améliorer la sécurité et la confidentialité en permettant aux appareils de communiquer directement entre eux sans avoir besoin d'un serveur central.

### ✓ Informatique de périphérie :

Peut fournir un moyen plus efficace de traiter les données en mettant en cache les données fréquemment consultées plus près de la source.

## 2.6 Architecture de NDN :

La communication dans NDN est pilotée par des récepteurs, c'est-à-dire des données consommateurs, par l'échange de deux types de paquets comme indiqué sur la figure 8 : Intérêt et données.

- ✓ **Intérêt** : le consommateur place le nom des données souhaitées dans un paquet d'intérêt et l'envoie au réseau. Les routeurs utilisent ce nom pour transmettre les paquets d'intérêt aux producteurs de données.
- ✓ **Données** : une fois qu'un intérêt arrive à un nœud contenant les données demandées, le nœud renvoie un paquet de données contenant le nom et le contenu, ainsi qu'une signature avec la clé du producteur liant les deux. Le paquet suit le chemin dans la direction opposée prise par la personne concernée vers le consommateur demandeur.



Les deux types de paquets portent un nom qui identifie un élément de données qui peut être transmis en un Paquet de données. Un consommateur met le nom d'une pièce souhaitée de données dans un paquet d'intérêt et l'envoie au réseau.

Les Routeurs utilisent ce nom pour transmettre l'intérêt vers le producteur(s) de données. Une fois que l'intérêt atteint un nœud qui a les données demandées, le nœud renverra un paquet de données qui contient à la fois le nom et le contenu, ainsi qu'une signature par la clé du producteur qui lie les deux. Ce paquet de données suit en sens inverse le chemin emprunté par l'intérêt de revenir au consommateur demandeur.

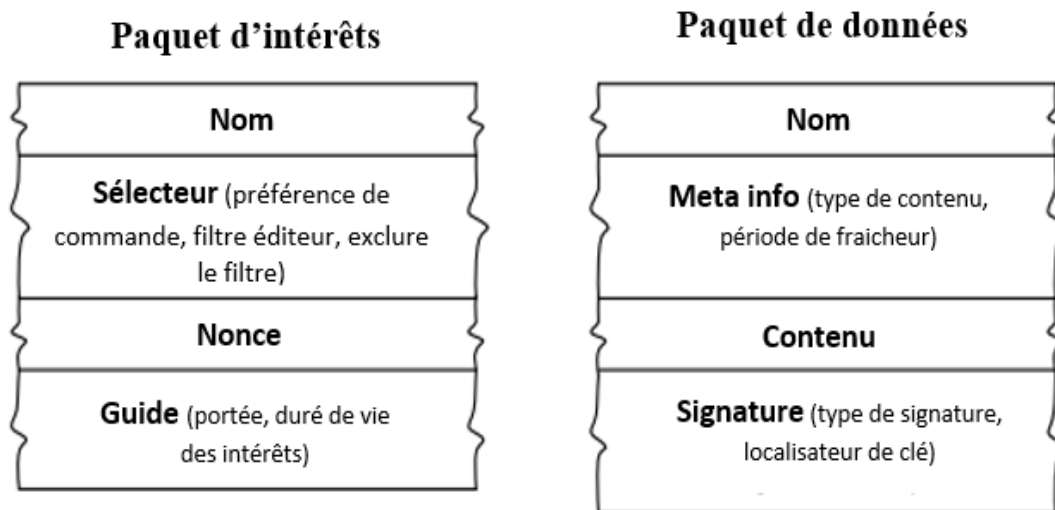


Figure 8: Type de paquet NDN [6]

### 3.7 Routage dans NDN :

L'idée générale de NDN est d'adapter les messages envoyés sur Internet à ce qu'ils sont réellement du contenu. Le NDN n'est plus limité à la communication de point à point entre les paires d'utilisateurs sans acheminer les adresses source et de destination via le réseau pour récupérer les données. Le contenu est divisé en morceaux, chacun ayant généralement la taille d'un paquet IP. NDN respecte le flux logique des requêtes, les utilisateurs demandent des

données en envoyant des paquets de type « intérêt » et reçoivent en routeur des paquets de type « contenu ». Chaque intérêt correspond à un package de contenu, et chaque package de contenu correspond à un bloc. Par rapport à l'Internet actuel, les routeurs sont très différents. Ils contiennent essentiellement trois tables :

- ✓ Le stockage de contenu CS (Content Store).
- ✓ la table PIT (Pending Interest Table).
- ✓ la table FIB (Forwarding Information Base).
- ✓ **Content Store (CS) :**

La Content Store (CS) est similaire au tampon d'un routeur IP, mais il permet également de mettre les données en cache aussi longtemps que possible pour une réutilisation ultérieure.

✓ **La table PIT:**

La table PIT a deux fonctions principales :

- ✓ Stocker temporairement les messages "Intérêts" reçus par un nœud puis les transmettre au nœud suivant.
- ✓ Grâce à cette table, au fur et à mesure que les données sont retournées, les paquets peuvent suivre le chemin inverse et finalement atteindre le client demandeur.
- ✓ Évitez d'envoyer plusieurs fois le même message d'intérêt.
- ✓ Chaque ligne du PIT contient le nom du contenu demandé et une liste d'interfaces pour envoyer l'intérêt correspondant.
- ✓ Lorsque plusieurs messages d'intérêt demandant le même contenu arrivent à un nœud, seul le premier est envoyé pour rechercher le contenu, et les autres restent dans le nœud en attendant de recevoir le contenu. Une fois reçues, les données seront renvoyées à chaque visage présent dans le PIT.

✓ **La table FIB:**

La table FIB similaire à celle d'IP :

- ✓ Elle est utilisée pour gérer les informations de transfert des paquets Intérêt vers des sources qui ont les contenus demandés.
- ✓ Elle est utilisée pour transmettre des paquets Intérêts vers les producteurs des contenus demandés.
- ✓ Contient les préfixes des noms des contenus et les interfaces suivantes à emprunter pour arriver à destination.

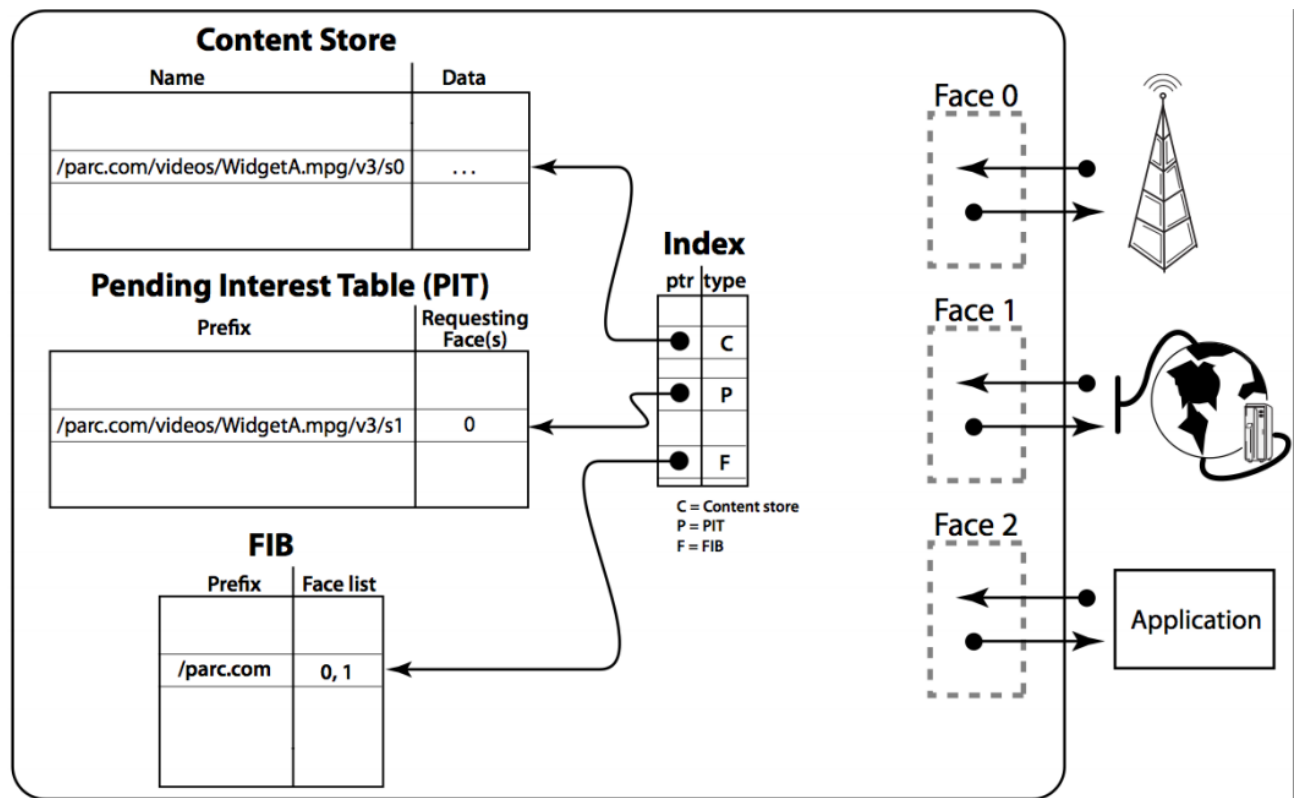


Figure 9 : routage dans NDN [7]

La figure 9 représente le routage en NDN, et ses étapes sont décrites comme suit :

- ✓ Le paquet d'intérêt arrive au routeur.
- ✓ La recherche de la correspondance la plus longue entre son nom et les entrées de ces trois structures de données est effectuée.
- ✓ Si le CS stocke un paquet de données portant le même nom que le package d'intérêt, ce paquet de données sera envoyé à partir de l'interface qui a reçu l'intérêt. Ce dernier sera éliminé. PIT est interrogé s'il n'y a pas de correspondance exacte entre l'entrée CS et le nom.

- ✓ Si l'une de ses entrées correspond exactement au nom dans l'intérêt, ajoutez l'interface source du paquet à la liste des interfaces avec le même intérêt. Les paquets d'intérêts seront rejetés. Consulter FIB si CS et PIT ne fournissent aucune information.
- ✓ Si une correspondance entre l'une de ses entrées et le préfixe du nom du paquet d'intérêt est trouvée, ce paquet est transmis vers les interfaces indiquées dans la FIB relative à ce préfixe.
- ✓ Une nouvelle entrée est également ajoutée au PIT contenant le paquet d'intérêts.
- ✓ Cette entrée peut être supprimée après que la durée de vie du paquet d'intérêt expire. Si aucune correspondance n'est trouvée, le paquet d'intérêt est éliminé. Une fois qu'un paquet d'intérêt peut être satisfait à partir d'un nœud du réseau détenant une copie du contenu désiré, le paquet de données correspondant est envoyé au demandeur en suivant le chemin inverse des Intérêts.
- ✓ Une recherche de son nom est exécutée dans la PIT. Si une correspondance est trouvée, ce paquet de données est envoyé vers toutes les interfaces.
- ✓ Ce paquet est également stocké dans la CS.
- ✓ L'entrée correspondante à son nom est éliminée de la PIT.

## **2.8 Routage NDN dans VANET :**

Le paquet de données constitue le composant le plus intéressant de l'architecture NDN et représente les données tandis que le paquet d'intérêt présente la requête.

NDN a un routage et un transfert intelligents, contrairement aux réseaux IP actuels où seul le routage est intelligent. Dans la première phase, le consommateur envoie un paquet d'intérêt portant le nom qui identifie les données demandées. Sinon, il vérifie dans la table PIT s'il a déjà reçu une demande pour le même nom de contenu et si c'est le cas, il écarte le paquet d'intérêts. Sinon, il enregistre le nom du contenu et l'interface entrant en tant que nouvelle entrée PIT et transmet l'intérêt en fonction des routes disponibles dans la table FIB. Dans la phase de livraison de contenu, le paquet de données retourne au consommateur sur le chemin inverse suivi par l'intérêt. Le routage dans NDN fait référence à la topologie et aux politiques et à la manière dont la table de transmission est mise à jour. Cependant, la gestion des annonces de préfixes de nom est très difficile dans un environnement véhiculaire pour conserver de nouvelles informations

de routage dans la table FIB. Il convient de mentionner que la grande majorité des chercheurs n'ont pas pris en compte l'aspect routage. Par conséquent, les paquets d'intérêt sont transmis de manière diffusée à tous les voisins à un saut et, une fois satisfaits, le paquet de données correspondant est livré sur le chemin inverse au demandeur du véhicule [8].

### **2.8.1. Avantage de NDN dans VANET :**

L'objectif principal de l'aspect de transmission et de routage du NDN est de résoudre l'inefficacité du routage dont souffrent les réseaux IP actuels et d'assurer une diffusion efficace des données, en particulier dans l'environnement des véhicules. L'opération de transfert avec état et adaptative présente d'énormes avantages pour la communication véhiculaire, présentée et discutée dans ce qui suit [8]:

#### **✓ Configuration facile et aucun changement de configuration réseau :**

Les applications utilisent un nom unique pour rechercher et récupérer le contenu. Il s'agit d'une solution appropriée pour les applications pertinentes en fonction de l'emplacement et du temps et d'une utilité évidente pour l'environnement VANET où les véhicules ont tendance à se déplacer fréquemment et ont besoin de récupérer des informations indépendamment de leur emplacement ou de leur adresse IP. Par conséquent, les chercheurs en redirection NDN doivent se concentrer uniquement sur leur propre logique de protection plutôt que d'adapter la redirection aux changements de configuration du réseau.

#### **✓ Exploitation de la chaîne de radiodiffusion et d'écoute :**

En utilisant la diffusion et l'écoute du canal, le nœud peut accéder directement aux données demandées par d'autres nœuds dans le cas où ces données sont également de son propre intérêt sans demande explicite. La nature de diffusion du canal radio permet également aux nœuds d'utiliser plusieurs chemins pour propager un intérêt.

#### **✓ Prise en charge de la multidiffusion inhérente :**

La table PIT offre la possibilité d'agréger plusieurs demandes d'intérêt pour le même paquet de données. Les intérêts portant le même nom sont regroupés et fusionnés en une seule entrée de PIT. Par conséquent, une seule copie du contenu souhaité est également transportée en aval.

### ✓ Fournisseur multiple :

En tenant compte des avantages de la mise en cache, plusieurs fournisseurs peuvent être découverts. Par conséquent, nous sélectionnons le meilleur fournisseur en ce qui concerne les exigences de l'application.

### 3.8.2. Défis de NDN dans VANET :

L'adaptation de NDN dans un environnement véhiculaire peut garantir une diffusion de contenu plus rapide et efficace. Cependant, l'application des principes NDN pour la diffusion des données dans l'environnement des véhicules fait face à plusieurs défis sérieux, notamment le réseau problème de partitions et de tempête de diffusion. Dans ce qui suit, nous avons pré envoyé et décrit brièvement ces défis [8] :

#### ✓ Problème de tempête de diffusion :

L'exploitation de la nature de diffusion du canal sans fil présente un réel avantage, une stratégie efficace et rapide pour diffuser des données dans des VANET basés sur NDN. Cependant, la diffusion incontrôlée de paquets d'intérêt et de données inonde le réseau de paquets redondants. De plus, des collisions excessives et des problèmes de contention fréquents se produisent dans la transmission entre les véhicules voisins. Ces problèmes entraînent une détérioration spectaculaire des performances du réseau VANET basé sur NDN et sont appelés problème de tempête de diffusion.

#### ✓ Partition réseau :

Dans les réseaux VANET basés sur NDN, les véhicules transmettent des paquets d'intérêt/de données, les mêmes paquets sont ensuite pour les véhicules voisins jusqu'à ce qu'ils atteignent la destination prévue. En cas d'occurrence de partition réseau, le paquet d'intérêt/données n'est transmis par aucun véhicule voisin et il n'y a aucune possibilité de déterminer si le paquet d'intérêt/données est transmis par d'autres véhicules ou non. Par conséquent, l'identification d'une partition remet en question la conception d'un mécanisme de communication de VANETs efficace basé sur NDN.

#### ✓ Taxonomie des stratégies de transfert de réseau NDN par véhicule :

Le transfert est un problème majeur dans les réseaux de véhicules ad hoc, et les protocoles de transfert sont considérés comme le facteur le plus responsable de la détection et de la maintenance des itinéraires. La plupart des études qui s'appuient sur ce que l'on appelle les réseaux de données de véhicules ont porté sur la question liée à la redirection, attestant de l'intérêt de la communauté des chercheurs pour ces sujets qui remettent en question la conception d'un efficace et fiable.

### **3.8 Conclusion :**

Grâce à ce qui précède, il est évident que NDN est d'une grande importance dans le transfert de données et l'amélioration de la qualité de la communication dans les réseaux avec topologie changeante. Se concentrant sur le guidage des mêmes données à l'aide de noms de données uniques, NDN offre une solution innovante et efficace aux défis rencontrés par les réseaux de véhicules, car les nœuds de ces réseaux sont constamment et rapidement navigués.

# Chapitre 03: Stratégie de transmission du NDN

## 3.1 Introduction :

Dans le système VANET basé sur le modèle NDN, la détermination de l'échelle appropriée pour le transfert de colis est un processus crucial. Cela est réalisé à l'aide de **la stratégie de transfert** qui prend en compte plusieurs mesures de performance.

La stratégie de transfert évalue divers facteurs pour déterminer la portée optimale de transfert des paquets de données. Certains de ces facteurs incluent la distance entre les véhicules, la densité du trafic, la vitesse des véhicules et les conditions du réseau.

L'objectif est de trouver un équilibre entre la portée optimale pour minimiser les retards de transfert et la consommation de ressources réseau, tout en garantissant la livraison efficace des paquets de données.

En utilisant des métriques de performance telles que le délai de transfert, le taux de perte de paquets et la capacité du réseau, la stratégie de transfert détermine l'échelle appropriée pour le transfert de colis afin d'optimiser les performances globales du système VANET.

Il est important de noter que la stratégie de transfert peut être adaptée en fonction des conditions du réseau et des exigences spécifiques de l'application dans le système VANET, afin de garantir un transfert de colis efficace et fiable dans le contexte de communication entre les véhicules.

## 3.2 Stratégie de transmission du NDN :

Dans le modèle NDN, il existe effectivement plusieurs stratégies couramment utilisées pour le routage et le contrôle des données. Voici quelques-unes des stratégies les plus communes :

### ✓ Multicast :

La stratégie « multicast » est reposée sur le principe de la distribution simultanée de données à plusieurs destinataires. La bande passante est enregistrée en envoyant une seule copie des données, qui est ensuite répétée et distribuée à tous les destinataires intéressés.



✓ **Best Route :**

La stratégie "Best Route" est l'une des stratégies d'orientation les plus simples et les plus largement utilisées dans le système NDN. Cette stratégie dépend du nombre de sauts afin que le nœud envoie le paquet d'attention aux nœuds potentiels qui peuvent avoir le contenu requis et peuvent être accessibles au coût le plus bas en termes de nombre de sauts.

✓ **NCC :**

La stratégie NCC est une ré-implémentation de la stratégie par défaut CCNx 0.7.2. Il a un algorithme similaire mais n'est pas garanti d'être équivalent. Dans cette stratégie, pour recevoir des paquets de réponse, un délai minimum représente une partie influente dans la détermination à travers quelles faces ces paquets d'intérêt seront transmis pour atteindre les nœuds en amont. Il est également fourni avec un ensemble de fonctions pour collecter et cultiver les statistiques de latence de manière indépendante.

✓ **Client Control :**

La stratégie de « contrôle client » est un peu similaire à la stratégie « best route », où cette stratégie est basée sur le principe d'envoyer les paquets d'intérêt à la face dédiée dans la case de next-hop-face-ID, en l'absence d'une face dédiée, les paquets sont déposés.

✓ **Access :**

Dans cette stratégie, la stratégie multicast est utilisée lors de l'envoi du premier intérêt pour déterminer le prochain saut qui sera utilisé plus tard pour envoyer des intérêts.

Si la livraison d'intérêts échoue, multicast est réutilisé à nouveau.

Ces stratégies sont utilisées avec souplesse et peuvent être adaptées aux besoins spécifiques des caractéristiques d'application et de réseau dans le modèle NDN.

### 3.3 Comparaison entre les stratégies :

	Best route	Multicast	NCC	Client control	Access
<b>Mécanisme d'Envoi de Paquets</b>	transmet un intérêt à l'amont avec le coût d'acheminement le plus bas.	transmet chaque Intérêt à tous les flux en amont,	est une ré-implémentation de CCNx 0.7.2 stratégie par défaut. Il a	permet à une application de consommation locale de choisir le visage sortant	Utilisez multicast pour déterminer le prochain saut pour envoyer des intérêts plus tard

		indiqués par l'entrée FIB fournie.	algorithme similaire mais n'est pas garanti pour être équivalent.	de chaque Intérêt.	
--	--	------------------------------------	---	--------------------	--

Tableau 2 : comparaison entre les Stratégie [9].

### 3.5 Qualité de lien:

Qualité de lien est connu comme la qualité de chaque ligne entre chaque nœud consommé et un nœud productif, et est considéré comme l'un des sujets les plus abordés dans le système de vente, en raison de l'impact de la modification topologique de vanet que les nœuds dans le système de vanet sont connus pour se déplacer rapidement et en permanence à la qualité du lien

Le processus d'évaluation de la qualité de lien comprend trois phases :

#### ✓ Surveillance des liens :

L'utilité de cette phase est d'identifier les liaisons mauvaises et non réactives qui peuvent réduire l'efficacité de la communication entre le contrat de réseau. Des liens bons et actifs sont également identifiés pour adoption dans le transfert de données entre les nœuds.

#### ✓ mesure de la liaison :

Dans cette étape, les paramètres sont compilés sur les bons liens précédemment identifiés à l'étape Surveillance des liens Ces paramètres sont : force du signal, qualité du signal, cumins, taux de ligne, productivité et autres critères connexes.

#### ✓ Description de la qualité des liens :

A cette étape, les paramètres précédemment collectés sont mesurés et analysés dans la phase de mesure de la liaison afin d'évaluer l'efficacité et l'efficacité des liens.

La figure suivant résume le processus d'évaluation de la qualité de lien :

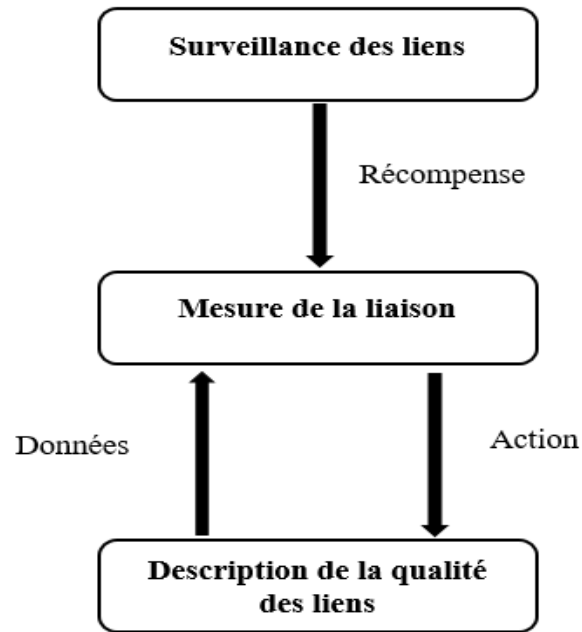


Figure 9: le processus d'évaluation de la qualité de lien

Afin de déterminer la qualité du lien dans chaque stratégie, la différence entre eux doit être déterminée en termes de délai, perte de paquets et débit

- **Délai (Latence) :**

- ✓ **Multicast :**

La diffusion multicast permet d'envoyer un message à un groupe de récepteurs en même temps, ce qui réduit le temps d'accès global pour l'envoi à chaque récepteur individuellement. Cependant, d'un autre côté, le temps d'accès peut augmenter avec la taille du groupe, et des problèmes de routage dans les réseaux étendus ou l'appartenance au groupe peuvent également entraîner des retards supplémentaires de transmission.

- ✓ **Contrôle client :**

La stratégie de contrôle client permet à chaque récepteur de contrôler l'activité des données qu'il souhaite recevoir, évitant ainsi de recevoir des données non pertinentes et réduisant les retards inutiles. Cependant, d'un autre côté, la coordination entre le client et le serveur peut entraîner des

retards supplémentaires en raison de la nécessité de synchronisation et de communication entre les parties concernées.

#### ✓ **NCC :**

La stratégie de routage NCC vise à fournir le contenu le plus rapidement possible en stockant les données requises dans des caches distribués dans le réseau. Lorsqu'un contenu spécifique est demandé, il est recherché dans les caches proches de l'utilisateur. Si le contenu est trouvé dans le cache local, il est immédiatement récupéré sans avoir besoin de le demander à la source d'origine.

Ce routage centré sur le contenu aide à réduire les délais liés à la récupération de données à partir de sites distants, en exploitant l'avantage de la proximité géographique des données et de l'utilisation des caches locaux.

#### ✓ **Access :**

La stratégie de routage Access dans le modèle NDN repose en effet sur le principe de l'envoi multiple au départ afin de déterminer la prochaine destination choisie comme voie d'envoi ultérieure des paquets. Cela permet de réduire le délai par rapport à l'envoi initial des paquets.

D'autre part, en cas d'échec dans le choix de la prochaine destination, la stratégie de routage Access peut être contrainte de répéter l'envoi multiple plusieurs fois pour sélectionner la prochaine destination d'envoi des paquets, ce qui entraîne une augmentation du niveau de délai.

#### ✓ **Best Route :**

Les politiques de Best Rout visent à minimiser la latence en choisissant le chemin le plus court ou le meilleur pour acheminer les paquets. Ceci est particulièrement utile dans les applications sensibles à la latence ou en temps réel.

D'autre part la stratégie de Best Rout peut ne pas être en mesure de livrer efficacement les messages à un ensemble de destinataires, car elle nécessite de router les paquets vers chaque destinataire individuellement, ce qui peut introduire une latence supplémentaire.

- **Perte de paquets :**

- ✓ **Multicast:**

La stratégie de multidiffusion peut être sujette à la perte de paquets, en particulier dans les environnements présentant des problèmes de connectivité, de congestion ou de routage. Des paquets peuvent être perdus en raison de transmissions sans fil instables ou de certains destinataires qui ne les reçoivent pas.

- ✓ **Client-Control :**

La stratégie de contrôle client peuvent réduire la perte de paquets car chaque récepteur contrôle activement les données qu'il souhaite recevoir. Cela évite de recevoir des données non pertinentes et réduit potentiellement la perte de paquets.

- ✓ **NCC :**

La stratégie de routage NCC (Named Content Centric) dans le modèle NDN (Named Data Networking) vise à réduire le taux de perte de paquets (Packet Loss Rate) dans le réseau. La stratégie NCC suit le concept centré sur le contenu, où l'accent est mis sur les données nommées plutôt que sur les adresses IP traditionnelles.

De plus, la stratégie NCC utilise un routage avancé basé sur le contenu, où le nœud optimal pour récupérer le paquet demandé est déterminé en fonction de critères tels que la disponibilité et la fiabilité du contenu. Des algorithmes de routage intelligents sont utilisés pour guider le paquet à travers les nœuds appropriés afin d'obtenir les meilleures performances et réduire le taux de perte de paquets.

En général, la stratégie de routage NCC dans le modèle NDN s'efforce de maintenir un faible taux de perte de paquets en utilisant la mise en cache locale et le routage intelligent basé sur le contenu.

- ✓ **Access :**

La stratégie de routage Access dans le modèle NDN vise à réduire la perte de paquets dans le réseau. Elle utilise l'envoi multiple et le choix intelligent de la prochaine destination pour améliorer

la transmission des paquets. Cela permet de sélectionner les chemins les plus efficaces et disponibles pour minimiser la perte de paquets. Cependant, en cas d'échec dans le choix de la destination ou de perturbations du réseau, la perte de paquets peut augmenter.

✓ **Best Rout :**

La stratégie de meilleure route ne propose aucune stratégie spécifique pour réduire la perte de paquets. Les paquets peuvent être perdus en raison de problèmes de connectivité, de congestion ou de perturbations sur le chemin choisi.

• **Débit :**

✓ **Multicast :**

La stratégie multicast permet la transmission simultanée d'un message à plusieurs destinataires, ce qui permet un débit élevé. Cela peut être utile pour communiquer rapidement à un large nombre de personnes en même temps.

✓ **Client-control**

Le débit dans la stratégie de gestion du client dépend de la demande et de la capacité du réseau à répondre aux besoins uniques de chaque destinataire. Le débit peut être suffisant si les demandes sont raisonnables par rapport à la capacité du réseau. Cependant, si de nombreuses demandes de contenu sont effectuées en même temps ou si le réseau est saturé, cela peut avoir un impact sur le débit global.

✓ **NCC :**

La stratégie de routage NCC dans le modèle NDN vise à améliorer le débit dans le réseau. Elle repose sur une distribution efficace des ressources et sur un routage des paquets évitant les congestions. Des algorithmes de contrôle de routage sont utilisés pour optimiser l'utilisation de la bande passante et améliorer la vitesse du réseau. Cependant, cela nécessite un réglage et une surveillance continus du réseau pour maintenir des performances optimales.

✓ **Access :**

La stratégie de routage Access dans le modèle NDN vise à améliorer le débit dans le réseau. Elle utilise des techniques telles que l'envoi multiple et la sélection intelligente de la prochaine destination pour améliorer les performances et augmenter le débit des données. Cependant, d'autres

facteurs tels que la congestion du réseau et la charge des nœuds peuvent avoir un impact. Pour tirer le meilleur parti de cette stratégie, il est nécessaire de la régler et de la surveiller en continu afin d'améliorer les performances.

✓ **Best-route :**

La stratégie de meilleure route vise généralement à sélectionner le chemin le plus court or le plus efficace pour acheminer les paquets. En optimisant la transmission des données et en réduisant les retards, cela peut potentiellement améliorer le débit.

### **3.6 Conclusion:**

En conclusion, d'après notre définition des différentes stratégies de routage et en mettant en évidence leurs différences, nous pouvons conclure que les stratégies de routage dans le modèle NDN sont influencées par plusieurs mesures, ce qui a un impact sur la qualité de la connexion entre les nœuds du réseau et, par conséquent, sur le transfert des données entre les nœuds.

# Chapitre 04 : Réalisation et Simulation

## 4.1 Introduction

Afin de mettre en évidence l'impact de la qualité de la connexion dans un système de réseau de véhicules en utilisant différentes stratégies, ce chapitre se concentre sur l'application de plusieurs stratégies à divers scénarios. Ces scénarios diffèrent en termes de nombre de paquets de données envoyés. Pour réaliser cela, deux simulateurs seront utilisés. Le premier est SUMO, un simulateur permettant de reproduire la circulation et les déplacements des nœuds dans la topologie. Le deuxième simulateur est ndnSIM, qui simule le comportement des entités du réseau, offrant ainsi la possibilité de gérer les interactions entre les différents nœuds du réseau.

## 4.2 Choix de simulateur :

### 4.2.1 Présentation des simulateurs ndnSIM :

Simulateur NDN [10] ou appelé ndnSIM est une source ouverte basé sur le simulateur de réseau NS-3. Le ndnSIM est implémenté en tant que nouveau protocole de couche réseau modèle qui peut fonctionner sur le protocole link-layer disponible modèles (point à point, CSMA, sans fil, etc.), et au-dessus protocoles de couche réseau (IPv4, IPv6) et couche transport (TCP, UDP). Cette flexibilité permet à ndnSIM de simuler scénarios de divers homogènes et hétérogènes scénarios de déploiement, tels que NDN-only, NDN-over-IP, Etc.

Les simulateurs sont mis en œuvre de façon modulaire à l'aide de C++ classes de modélisation du comportement de chaque couche réseau entité sur le réseau NDN, comme PIT, FIB, CS, interfaces réseau et application, stratégies d'expédition, etc. Cette structure modulaire permet chaque composant à remplacer facilement ou sans autres composants. En outre, le simulateur fournit une grande collection d'interfaces pour simuler le comportement du trafic NDN.

### 4.2.2 Présentation des simulateurs SUMO :

SUMO(Simulation of Urban MObility) [12] est une suite de simulation de trafic libre et open source. Il est disponible depuis 2001 et permet la modélisation des systèmes de trafic intermodal -



y compris les véhicules routiers, les transports publics et les piétons. SUMO inclut une foule d'outils de soutien qui automatisent les tâches de base pour la création, l'exécution et l'évaluation de simulations de trafic, comme l'importation de réseau, les calculs de route, la visualisation et le calcul des émissions. SUMO peut être amélioré avec des modèles personnalisés et fournit diverses API pour contrôler à distance la simulation.

#### **4.2.3 OpenStreetMap :**

OpenStreetMap [14] est un projet qui a pour but de créer des cartes libres du monde sous licence CC-BY-SA, en utilisant le système GPS ou d'autres données libres.

Par l'utilisation de moyens informatiques basés sur Internet qui permettent l'intervention et la collaboration de tout utilisateur volontaire, OpenStreetMap relève de la géomatique 2.0 et est aussi une contribution à ce qui est appelé la néo géographié.

### **4.3 Scénarios de simulation :**

Dans la topologie simulée que nous avons choisie nous traiterons deux cas :

#### **✓ Sans véhicule :**

Dans ce scénario, nous avons un réseau comprenant 4 consommateurs, 4 producteurs et 3 routeurs intermédiaires. Les producteurs envoient des intérêts aux consommateurs via les routeurs intermédiaires, qui transfèrent ces intérêts vers leur destination respective.

La durée totale de la simulation est de 25 secondes. Au cours de cette période, les intérêts sont émis, routés et livrés aux consommateurs. Les routeurs intermédiaires jouent un rôle clé en acheminant les intérêts vers les bons destinataires (Figure10).

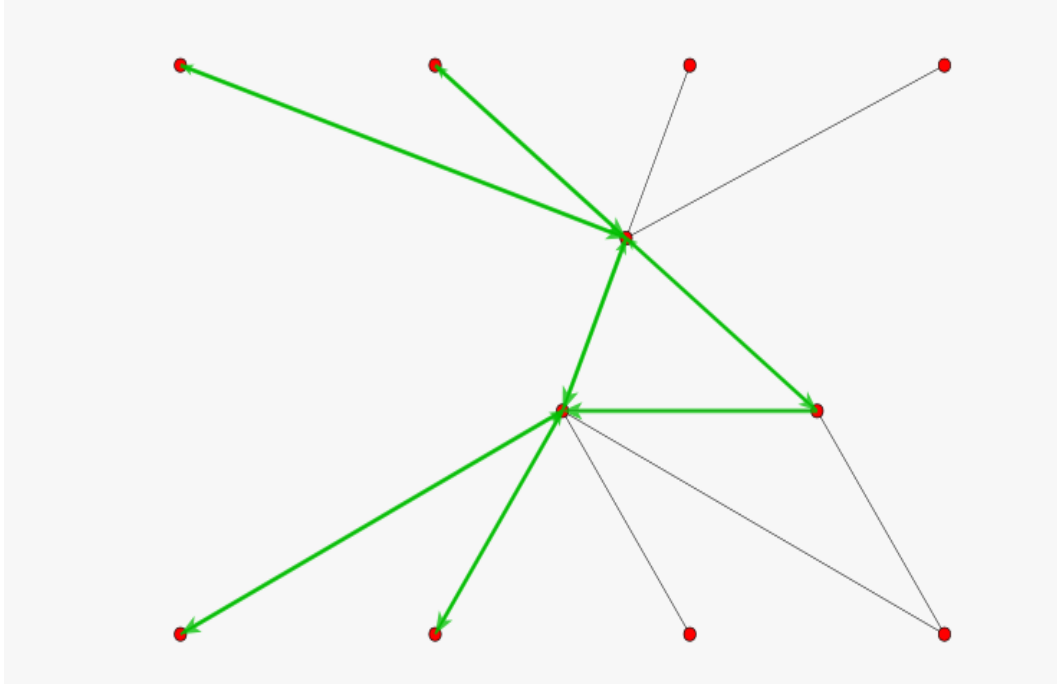


Figure 10: topologie de simulation sans véhicule

#### ✓ Avec véhicule :

Dans ce scénario, nous avons un réseau composé d'un seul véhicule représentant le consommateur, 4 RSU (Roadside Units) plus 3 routeurs intermédiaires et 4 producteurs. Le véhicule se déplace à une vitesse de 120 km/h.

La durée totale de la simulation est de 45 secondes. Au cours de cette période, le véhicule en tant que consommateur interagit avec les RSU et les routeurs pour recevoir des données des producteurs. Les RSU et les routeurs assurent le routage des données du véhicule vers les producteurs et vice versa.

La vitesse du véhicule à 120 km/h est un facteur important à prendre en compte lors de la simulation, car elle affecte la connectivité et la transmission des données entre le véhicule et les autres nœuds du réseau.

Les détails spécifiques de la simulation, tels que les protocoles utilisés, les distances entre les nœuds, les délais de transmission et de traitement, doivent être précisés pour une simulation plus précise et réaliste du scénario (Figure 11).

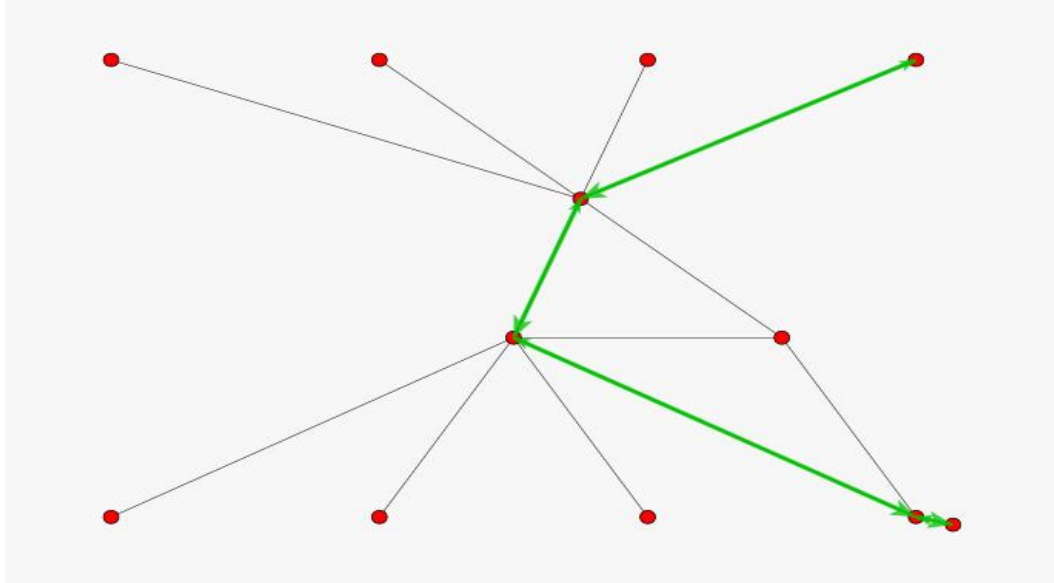


Figure 11: topologie de simulation avec véhicule

Dans cette évaluation, nous utilisons les métriques suivantes :

✓ **La perte de paquets:**

Se produit lorsqu'un ou plusieurs paquets transmis n'atteignent pas leur destination. Le taux d'abandon de paquets par nœud est calculé à l'aide de la classe L2Tracer.

✓ **Débit :**

Est défini comme le nombre de bits transmis avec succès dans un créneau, à l'exclusion des bits de contrôle. Dans le scénario NDN, le débit de chaque nœud est calculé à l'aide de la classe `ndn::L3RateTracer`. La sortie peut être vue dans `rate trace.txt`.

✓ **Délai :**

Peut être défini de plusieurs manières. Le temps nécessaire pour établir le service et le temps nécessaire pour envoyer et recevoir des informations. Dans les scénarios NDN, le délai est calculé à l'aide de la classe `ndn::AppDelayTracer`. La sortie du traceur est un fichier `.txt` composé de paramètres et de propriétés de retard.

## 4.4 Résultats de la Simulation :

Dans cette sous-section, nous discutons des résultats obtenus

Dans cette étape, nous allons appliquer différentes stratégies sur le premier scénario sans véhicule, en modifiant le nombre de paquets envoyés à chaque fois. L'objectif est de mettre en évidence la différence entre le cas de cogestion et le cas sans cogestion.

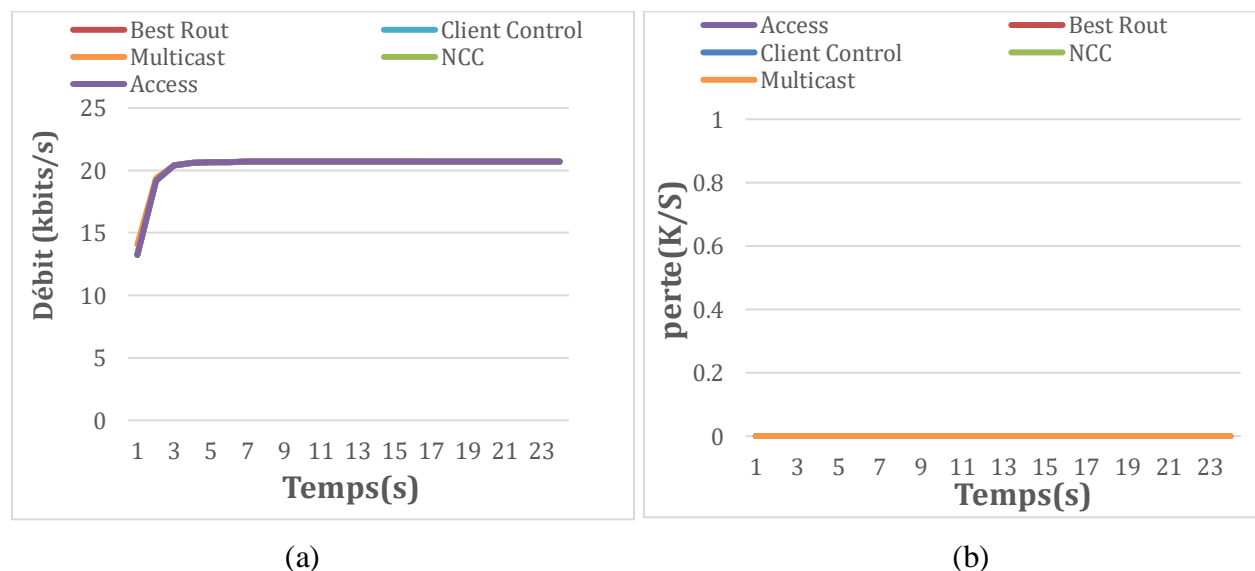
Nous allons procéder comme suit :

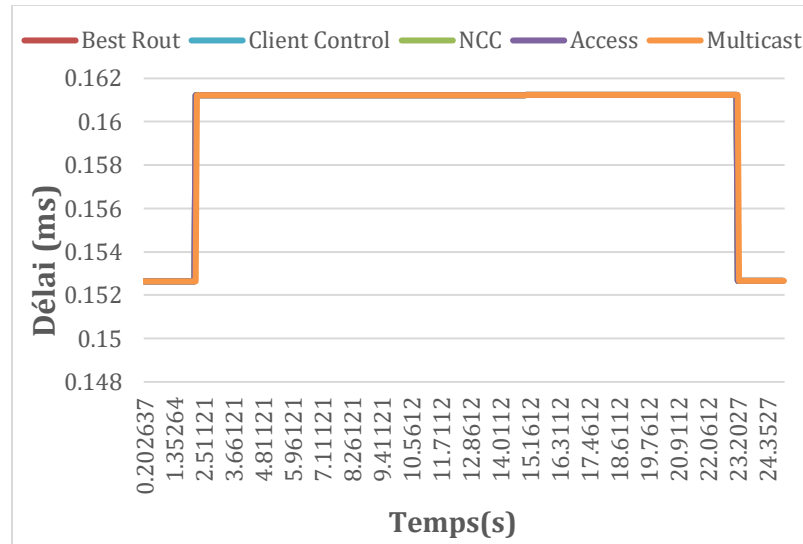
- ✓ Sélectionner le premier scénario sans véhicule comme point de départ.
- ✓ Appliquer chaque stratégie en variant le nombre de paquets envoyés à chaque itération.
- ✓ Enregistrer les résultats de chaque exécution, en notant le taux de perte de paquets, les délais de transmission et autres métriques pertinentes.
- ✓ Analyser les résultats pour identifier les différences entre les cas de perte de paquets et les cas sans perte de paquets.
- ✓ Présenter les conclusions et les observations obtenues à partir de cette analyse.

Cette étape nous permettra de mettre en évidence l'impact de la perte de paquets sur les performances de chaque stratégie, ainsi que de démontrer l'importance de prévenir les pertes de paquets pour garantir une transmission de données efficace.

#### 4.4.1 20 Intérêt:

Les résultats suivants ont été obtenus lors de l'utilisation du nombre de paquets de 20 paquets :





(c)

Figure 12: Débit (a) / perte (b) / Délai (c) pour 20 paquet sans véhicule.

D'après la Figure 12 ci-dessous présente Pert (kbits/s) et Débit (kbits/s) et Délai (kbits/s) en fonction de temps(s), on remarque que :

✓ **Pour le Pert :**

Aucune perte de données n'est observée pour toutes les stratégies (Best Route, Access, Client Control, NCC, Multicast), cela signifie que toutes ces stratégies ont réussi à transférer les données sans perdre de paquets en cours de route.

✓ **Pour le Débit :**

Dans la stratégie multicast, il envoie des paquets à tous les nœuds, y compris les nœuds non intéressés, envoyant ainsi plus de bits que le reste des stratégies.

Si les stratégies NCC, Client Control, Best Route et Access ont toutes choisi le même chemin, cela signifie qu'elles ont toutes opté pour la même route pour transférer les données. Dans ce cas, le nombre de bits envoyés serait effectivement égal pour ces stratégies.

### ✓ Pour le Délai :

Dans la stratégie multicast, la valeur de délai était plus grande que dans le reste des stratégies, et cela était dû au fait qu'il a envoyé plus de bits que le reste des stratégies.

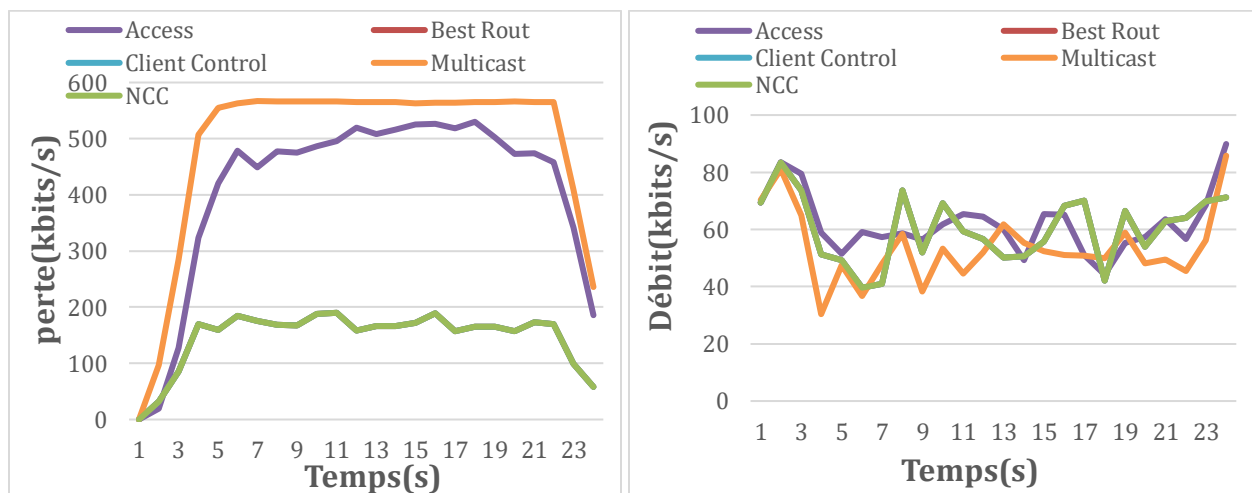
Si les autres stratégies ont envoyé le même nombre de bits, cela signifie qu'elles ont toutes transféré la même quantité de données. Par conséquent, il est possible que la valeur de Délai soit égale pour ces stratégies. (Tableau 03).

	Access	Best Rout	Client Control	Multicast	NCC
<b>Délai</b>	79,315344	79,315344	79,315344	79,46799	79,315344
<b>Perte</b>	0	0	0	0	0
<b>Débit</b>	487,3084	487,3084	487,3084	488,3436	487,3084

Tableau 03: La comparaison des valeurs des mesures entre différentes stratégies pour 20 paquets

### 4.4.2 100 Intérêt :

Les résultats suivants ont été obtenus lors de l'utilisation du nombre de paquets de 100 paquets :



(a)

(b)

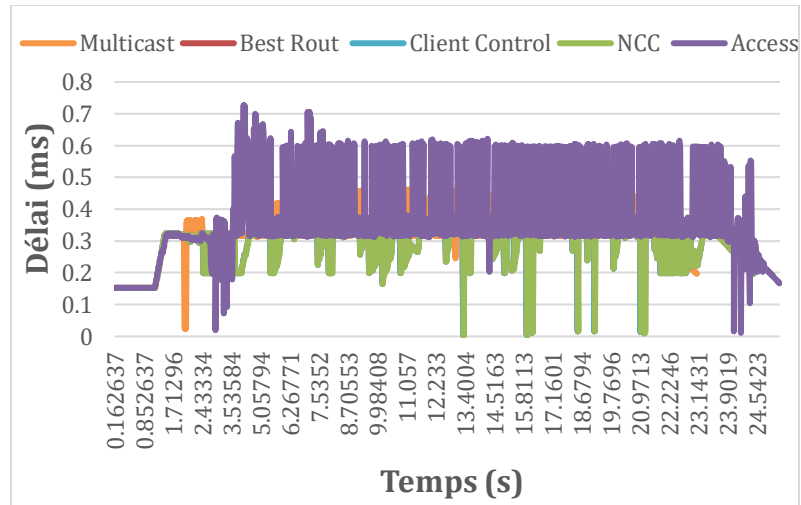


Figure 13: Perte (a) / Débit(b) / Délai (c) pour 100 paquet sans véhicule.

#### ✓ Pour le Pert :

Pour la stratégie multicast, la valeur de perte était supérieure à celle des autres stratégies, ce qui est dû à deux raisons. La première raison a envoyé les paquets à tous les nœuds et la seconde raison est que le nombre de paquets envoyés dépasse la valeur spécifiée dans le MAX PAQUET (MAX PAQUET =20).

Si les autres stratégies ont également choisi le même chemin, cela signifie qu'elles ont toutes opté pour la même route de transfert des paquets. Par conséquent, elles peuvent présenter des valeurs de perte égales, ce qui indique qu'elles ont toutes perdu des paquets.

#### ✓ Pour le Débit :

Stratégie multicast a été perdue pour de nombreux bits en raison de MAX PAQUET et cela exige que le nombre de bits envoyés doivent être au moins.

La stratégie "access" a beaucoup perdu parce qu'elle a effectué le processus de multicast plus d'une fois et cela équivalait à lui envoyé plus que les stratégies restantes.

Si les stratégies Best Route, NCC et Client Control ont toutes choisi le même chemin, cela signifie qu'elles ont toutes sélectionné la même route optimale pour le transfert des données. Dans

ce cas, le nombre de bits envoyés sera effectivement le même, car les données suivront le même chemin et subiront les mêmes processus de routage et de transfert.

✓ **Pour le Délai :**

Dans une stratégie, "access" opération de multicasting a été effectuée à plusieurs reprises afin de trouver le prochain saut choisi, ce qui signifie l'envoyer à un plus grand nombre de bits, ce qui nécessite plus de temps.

Dans la stratégie multicast, il a envoyé moins de paquets que dans la stratégie Access et plus de paquets que dans le reste des stratégies, de sorte que la valeur de délai dans multicast est inférieure à la valeur de retard dans l'accès et plus que dans les autres stratégies.

Comme pour le reste des stratégies, la valeur de délai est égale, car ils sont envoyés le même nombre de bits ( Tableau 04).

	<b>Access</b>	<b>Best Rout</b>	<b>Client Control</b>	<b>Multicast</b>	<b>NCC</b>
<b>Délai</b>	577,749312	445,818192	445,818192	437,889739	445,818192
<b>Pert</b>	9833	3519	3519	11695	3519
<b>Débit</b>	1492,7479	1443,6089	1443,6089	1290,8773	1443,6089

Tableau 04 : La comparaison des valeurs des mesures entre différentes stratégies pour 100paquet

La stratégie "Best Route" a été identifiée comme la meilleure selon les tableaux et les observations présentés. Cette stratégie se distingue par les points suivants :

✓ **Réduction des retards :**

La stratégie "Best Route" permet de réduire le temps d'accès aux données. Cela signifie que les données sont transmises plus rapidement par rapport aux autres stratégies comparées.



✓ **Faible perte de données :**

Un faible taux de perte indique que la stratégie "Best Route" réussit à router les paquets de manière fiable sans les perdre entre les routes. Cela améliore la qualité de service et garantit la réception complète des données.

✓ **Haut débit:**

La stratégie "Best Route" présente une capacité élevée à transférer les données de manière efficace. Le chemin le plus court et optimal est sélectionné pour le transfert des données, ce qui contribue à des performances élevées et à une exécution efficace du transfert.

En résumé, la stratégie "Best Route" se distingue par sa faible latence, une perte de données réduite et un débit élevé dans le transfert des données. Cela en fait le meilleur choix pour améliorer les performances du réseau et atteindre efficacement les objectifs de transfert de données.

### **4.4.3 Avec véhicule :**

Dans cette étape, nous appliquerons différentes stratégies au deuxième scénario dans lequel le véhicule joue un rôle de consommateur, en changeant le nombre de colis envoyés chaque fois. L'objectif est de mettre en évidence la différence entre la situation de cogestion et la situation sans cogestion.

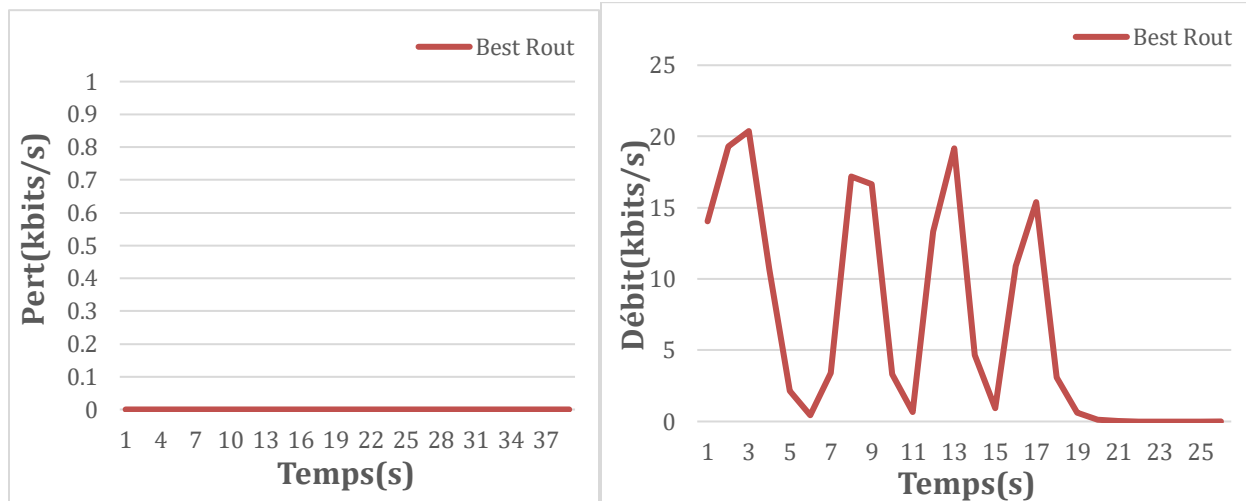
Nous allons procéder comme suit:

- ✓ Choisissez le deuxième scénario avec un véhicule comme point de départ.
- ✓ Appliquer chaque stratégie en changeant le nombre de colis envoyés à chaque répétition.
- ✓ Consigner les résultats de chaque ronde en notant le taux de perte du colis, les temps de transmission et d'autres paramètres connexes.
- ✓ Analyser les résultats pour identifier les différences entre les cas de perte de paquets et les cas de perte de paquets.
- ✓ Présentation des conclusions et observations de cette analyse.

Cette étape nous permettra de souligner l'impact de la perte de paquets sur la performance de chaque stratégie, ainsi que de démontrer l'importance de prévenir la perte de paquets pour assurer un transfert de données efficace.

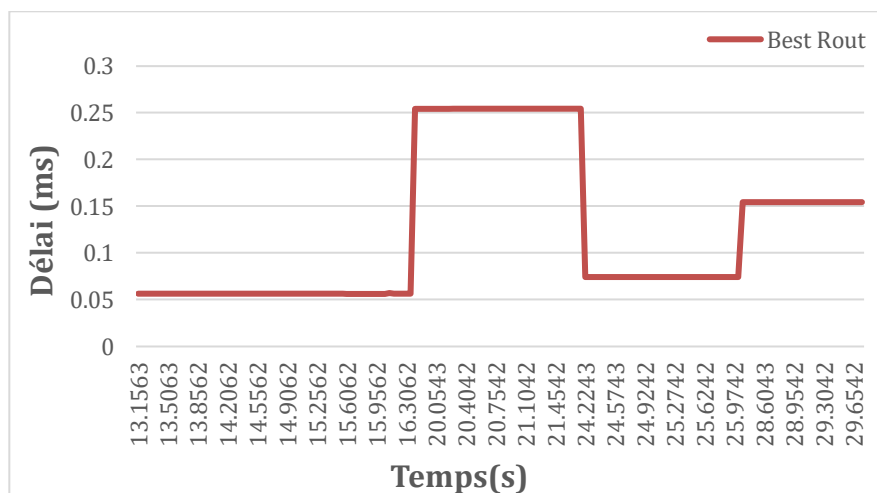
#### 4.4.3.1 20 Intérêt:

Les résultats suivants ont été obtenus lors de l'utilisation du nombre de paquets de 20 paquets :



(a)

(b)

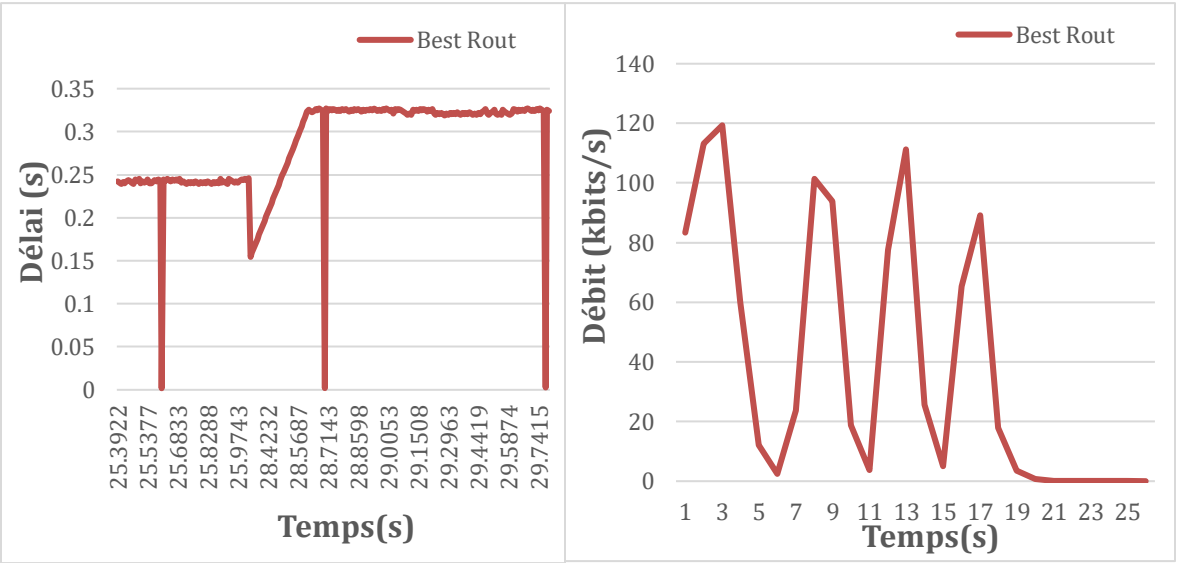


(c)

Figure 14: Perte (a) / Débit (b) / Délai (c) pour 20 paquet avec véhicule.

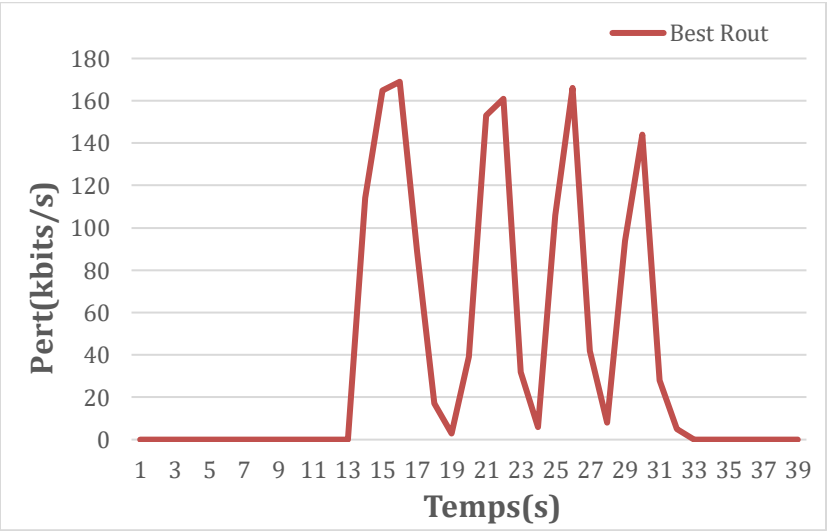
#### 4.4.3.2 100 Intérêt :

Les résultats suivants ont été obtenus lors de l'utilisation du nombre de paquets de 100 paquets.



(a)

(b)



(c)

Figure 15: Perte (a) / Débit (b) / Délai (c) pour 100 paquet avec véhicule.

	<b>20</b>	<b>100</b>
<b>Délai</b>	21,0460927	69,4719669
<b>Perte</b>	0	1541
<b>Débit</b>	176,510796	1028,36717

Tableau 5 : La différence dans les valeurs des mesures pour 20 paquets et 100 paquets

En comparant les résultats obtenus lors de l'envoi de 20 paquets de données et de 100 paquets de données (Tableau 5), nous constatons que dans le premier cas, c'est-à-dire lors de l'envoi de 20 paquets, aucune perte de données n'a été observée. Cela s'explique par le fait que le véhicule envoyait un nombre de paquets inférieur à la limite maximale autorisée, contrairement à l'envoi de 100 paquets où la limite maximale autorisée a été dépassée, entraînant la perte de certains paquets.

En ce qui concerne le taux de latence, il était plus faible lors de l'envoi de 20 paquets par rapport à l'envoi de 100 paquets, et cela est dû à la variation du nombre de paquets envoyés. L'envoi d'un grand nombre de paquets entraîne une augmentation du taux de latence.

Le débit était plus élevé lors de l'envoi de 100 paquets par rapport à l'envoi de 20 paquets. Cela s'explique par le fait que l'envoi d'un plus grand nombre de paquets nécessite un débit plus élevé. Lors de l'envoi de 100 paquets, une plus grande quantité de données est transférée pendant une période de temps donnée, ce qui entraîne une augmentation du débit. En revanche, lors de l'envoi de 20 paquets, une quantité moindre de données est transférée dans le même laps de temps, ce qui se traduit par un débit plus faible.

## 4.5 Conclusion

En analysant les résultats et les courbes obtenus, la meilleure stratégie de route semble avoir fourni les meilleures performances en termes de vitesse de transfert de données. Cela signifie que cette stratégie a réussi à transmettre les données plus rapidement que les autres stratégies évaluées.

En outre, lorsque vous utilisez un véhicule dans le scénario, vous pouvez voir une différence marquée dans les résultats, y compris une vitesse de transfert de données plus élevée et aucune perte de données. Cela peut être attribué à la combinaison du meilleur rendement de la stratégie routière et de l'utilisation du véhicule, qui peut fournir une meilleure connectivité et la qualité de transmission des données.

Il est important de noter que ces conclusions sont fondées sur les résultats spécifiques obtenus dans l'étude ou la simulation. La performance des stratégies peut varier selon les paramètres spécifiques du réseau, les conditions environnementales et d'autres facteurs. Il est donc nécessaire de tenir compte de ces variables et de procéder à des essais approfondis pour obtenir des résultats fiables et généralisables.

# **Conclusion générale**

## **Contributions**

Le réseau de véhicules est considéré comme le futur prometteur pour les véhicules dans le monde, en raison de sa contribution à l'amélioration de l'expérience de conduite en offrant confort et divertissement aux conducteurs, en plus de sa contribution à la réduction des accidents de la route, ce qui améliore la sécurité des conducteurs.

Pour tirer le meilleur parti du réseau de véhicules, il est préférable d'utiliser le modèle NDN en raison des stratégies de routage qu'il offre, qui permettent une qualité de liaison élevée entre les nœuds du réseau.

## **Critique du travail**

Pour atteindre une meilleure qualité de liaison entre les nœuds du réseau de véhicules, nous avons supposé que nous créerions une nouvelle stratégie qui se baserait sur l'amélioration de la meilleure stratégie sélectionnée. Malheureusement, en raison de contraintes de temps, nous n'avons pas pu la mettre en œuvre. Cependant, nous sommes convaincus que notre hypothèse serait couronnée de succès si elle était effectivement mise en pratique.

## **Travaux futurs et perspectives**

À l'avenir, si nous répétons cette expérience, nous nous efforcerons de créer une nouvelle stratégie qui garantit la meilleure qualité de liaison entre les nœuds du réseau, avec un faible taux de perte de paquets, des retards réduits et un débit élevé des paquets.

## Les références

- [1] Toh, C.-K. (Chai-Keong), Ad hoc mobile wireless networks: protocols and systems, Prentice Hall PTR, 2002 (ISBN 0-13-007817-4 ET 9780130078179, OCLC 47623781).
- [2] F1689012680\_M\_moire\_FINAL\_\_K.\_Moghraoui.pdf
- [3] S. S. Shah et al.: Time Barrier-Based EM Dissemination in VANETs
- [4] Alexander Afanasyev, Jeffrey Burke, Lixia Zhang, Kc Claffy, Lan Wang, Van Jacobson, Patrick Crowley, Christos Papadopoulos, and Beichuan Zhang. Named Data Networking. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 44(3):66–73, 2014.
- [5] Xylomenos, George; Ververidis, Christopher N.; Siris, Vasilios A.; Fotiou, Nikos; Tsilopoulos, Christos; Vasilakos, Xenofon; Katsaros, Konstantinos V.; Polyzos, George C. (2014). "A Survey of Information-Centric Networking Research". IEEE Communications Surveys & Tutorials
- [6] Van Jacobson, Jeffrey Burke, and Lixia Zhang. Named data networking next phase NDN-NP project - annual report. Technical report, NDN, April 2015.
- [7] [Lixia Zhang, Deborah Estrin, and Jeffrey Burke, Van Jacobson, James D. Thornton, and Diana K. Smetters, Beichuan Zhang, Gene Tsudik, kc claffy and Dmitri Krioukov, Dan Massey and Christos Papadopoulos, Tarek Abdelzaher, Lan Wang, Patrick Crowley, Edmund Yeh] : Named Data Networking (NDN) Project ,NDN-0001, October 31, 2010
- [8] Forwarding strategies in vehicular named data networks: A survey Kaoutar Ahed a , Maria Benamar a , Ayoub Ait Lahcen b,† , Rajae El Ouazzani a
- [9] <https://ndnsim.net/current/fw.html>
- [10] A. Afanasyev, I. Moiseenko, and L. Zhang, “ndnSIM: NDN simulator for NS-3,” NDN, Technical Report NDN0005, 2012

- [11] <https://ndnsim.net/2.1/fw.html>
- [12] <https://www.eclipse.org/sumo>
- [13] <https://www.nsnam.com/2016/06/sumo-open-street-maps-and-ns2-real.html>
- [14] <https://www.openstreetmap.org/>