

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البلدية 1  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA 1

كلية العلوم  
Faculté des sciences

قسم الإعلام الآلي  
Département d'informatique



# MÉMOIRE DE MASTER

DOMAINE : INFORMATIQUE

FILIÈRE : INFORMATIQUE

SPÉCIALITÉ : SYSTÈMES INFORMATIQUES ET RÉSEAUX

PRESENTÉ PAR :

CHERCHAR Mohamed Seddik

&

BERRAIRIA Abderrahmene

Thème :

## Amélioration de la qualité d'expérience des services de vidéo streaming adaptatif dans une architecture MEC

Devant le jury :

Mme S.OUKID	M.C.A	Présidente
M S.CHERIF-ZAHAR	M.A.A	Examineur
M Y.DOUGA	M.C.B	Promoteur

Année Universitaire : 2018-2019

# *Remerciements*

Grâce à Dieu, nous avons abouti à la concrétisation de ce travail.

En préambule à ce mémoire, ce mémoire n'aurait pas été accompli sans les soutiens et les prières de nos parents durant toutes ses années. Donc, un grand merci pour eux.

Nous adressons plus particulièrement nos remerciements à l'égard de notre promoteur M. DOUGA Yassine pour ses orientations, son soutien tout au long de ce travail.

Nous n'oublions pas BOUSSETTA Yahia pour son aide, nos collègues du SIR promotion 2019 et surtout les administrateurs du drive de cette promotion, nos membres de la famille et ainsi nos amis pour leurs encouragements.

Nos remerciements vont aussi aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche, pour l'examiner et l'enrichir avec leurs précieuses propositions.

Enfin, nous ne saurons oublier dans ces remerciements tous ceux qui nous ont aidés pour mener à bien ce travail dans de bonnes conditions.

# *Dédicaces*

*Ce travail est dédié*

*À ma chère mère qui étiez ma force durant mes difficiles périodes, que Dieu le tout puissant vous préserve et vous accorde la santé et le plus haut degré du paradis, à mon père qui étiez toujours à mes côtés, vos conseils m'ont toujours guidé tout au long de mon parcours que le bon Dieu vous donne une longue vie.*

*Mes frères Imad et Fadi.*

*Mes sœurs Yasmine et Ahlam.*

*À tous les membres de la famille CHERCHAR et FELOUS.*

*À mon ancienne enseignante SALHA.*

*À mes amis MAZOUZ Mohamed, GHAZAL Hocine,  
BELGUERGUIDE Mohamed, DJEBBARI Ahmed.*

*À tous mes amis et mes collègues.*

*Mohamed Seddik*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à tous les membres de ma très chère famille, mes amis et mes collègues, en particulier :*

*À mon cher père et ma chère mère.*

*Me sœur et mes frères.*

*À tous les membres de la famille BERRAJJA.*

*Abderrahmene*

## ملخص

يعد البث مصدرًا رئيسيًا للحركة عبر الإنترنت، سواءً كان صوتًا أو فيديو. مع ظهور الشركات ومقدمي الخدمات مثل Netflix و YouTube بالإضافة إلى ارتفاع الطلب من قبل المستخدمين، أصبح بث الفيديو أحد أكثر الحركات المهيمنة على الإنترنت في عام 2019. تطور بث الوسائط المتعددة عبر الإنترنت في السنوات الأخيرة، حيث خلق تحديات لهؤلاء الموردين فيما يتعلق بشروط جودة التجربة (QoE) في الشبكات السلكية واللاسلكية. تم اقتراح عدة طرق لتكييف بث الفيديو لتحسين جودة التجربة، وتختلف هذه الأساليب بين المعلمات المستخدمة إما لجودة التجربة أو لجودة الخدمة فقط (QoS)، على الرغم من ذلك، عدم وجود نهج مركزي يجعل السيطرة على الازدحام أمرًا صعبًا وهذا يعني أن خطر إهمال جودة التجربة لا يتم احترامه وأن هذا النهج يفقد قيمته.

في هذه الرسالة، سوف نسلط الضوء على تحسين جودة تجربة خدمات بث الفيديو التكيفي في بنية الحوسبة المتنقلة (MEC)، من خلال تكييف جودة الفيديو بواسطة عامل مستخدم محسوب استنادًا إلى معلمات الفيديو. المحطة النهائية للسيطرة على الازدحام على أساس عوامل المستخدم وتنتهي مع تعلم التعزيز لتحسين مرحلة حساب عامل المستخدم لإرضاء العميل. تتمثل فكرة بنية MEC في أداء مهام الخادم على مقربة من المستخدمين، لذا فهي مثالية للقيام بالتحكم في الازدحام الذي أصبح مشكلة كبيرة تؤثر على جودة التجربة. يتم تطبيق الحل على إحدى خدمات الفيديو المتدفقة HTTP (HAS) والتي تسمى التدفق الديناميكي التكيفي عبر HTTP (DASH)، وهو معيار دولي يستخدم على نطاق واسع على الإنترنت سواء للفيديو عند الطلب (VoD) أو لخدمات البث المباشر. لقد أصبح أيضًا شائعًا جدًا لأنه تم اعتماده من قبل مختلف اللاعبين في مجال بث الفيديو.

**الكلمات المفتاحية:** جودة التجربة (QoE)، تدفق الفيديو، الحوسبة المتنقلة (MEC)، محطة

المستخدم، الازدحام.

# ***RÉSUMÉ***

Le streaming est une source importante de trafic Internet soit voix ou vidéo. Avec l'émergence des entreprises et des fournisseurs telle que Netflix et YouTube ainsi que la forte demande par les utilisateurs, le streaming vidéo est devenu l'un des dominants du trafic Internet en 2019. L'évolution de la diffusion multimédia sur Internet au cours des dernières années a créé des défis pour ces fournisseurs concernant les conditions de la qualité d'expérience (QoE) dans les réseaux filaires et sans-fils. Plusieurs approches ont été proposées pour adapter le vidéo streaming en vue d'améliorer la qualité d'expérience, ces approches varient entre les paramètres utilisés en visant soit la qualité d'expérience où seulement la qualité de service (QoS), malgré cela, le manque d'une approche centralisé rend le contrôle de congestion difficile et ça signifie que le risque de dégradation de la qualité d'expérience n'est pas respecté et que l'approche perde sa valeur.

Dans ce mémoire, nous mettrons en exergue l'amélioration de la qualité d'expérience des services de vidéo streaming adaptatif dans une architecture Mobile Edge Computing (MEC), en adaptant la qualité de vidéo par un facteur utilisateur calculé à la base des paramètres du terminal final afin de contrôler la congestion en fonction des facteurs-utilisateurs et l'on termine par l'apprentissage par renforcement pour améliorer la phase de calcul de facteur utilisateur pour satisfaire le client. L'idée de l'architecture MEC est d'exécuter des tâches du serveur plus près des utilisateurs donc elle est parfaite pour faire le contrôle de congestion qui est devenu un majeur problème affectant la qualité d'expérience. La solution est appliquée sur l'un des services de vidéo streaming HTTP (HAS) appelé streaming dynamique adaptatif sur HTTP (DASH), c'est une norme internationale largement utilisé sur Internet que ça soit pour la vidéo à la demande (VoD) ou pour les services de streaming en direct (Live streaming). Elle est devenue par ailleurs très populaire, car elle a été adoptée par les différents acteurs du domaine de vidéo streaming.

**Mots clés :** Qualité d'expérience (QoE), Streaming vidéo, Mobile edge computing (MEC), Terminal d'utilisateur, Congestion.

# ***ABSTRACT***

Streaming is a major source of Internet traffic either voice or video. With the emergence of companies and providers such as Netflix and YouTube as well as the high demand by users, video streaming has become one of the dominant Internet traffic in 2019. The evolution of multimedia streaming over the Internet in recent years has created challenges for these vendors regarding the quality of experience (QoE) conditions in the wire and wireless networks. Several approaches have been proposed to adapt the video streaming to improve the quality of experience, these approaches vary between the parameters used aiming either the quality of experience where only the quality of service (QoS), despite this, the lack of a centralized approach makes congestion control difficult and this means that the risk of degradation of the quality of experience is not respected and that the approach loses its value.

In this thesis, we will highlight the improvement of the quality of experience of adaptive video streaming services in a Mobile Edge Computing (MEC) architecture, by adapting the video quality by a calculated user factor based on the parameters of the final terminal to control congestion based on user factors and end with reinforcement learning to improve the user factor calculation phase to satisfy the customer. The idea of the MEC architecture is to perform server tasks closer to users so it is perfect for doing congestion control which has become a major problem affecting the quality of experience. The solution is applied on one of the HTTP streaming services (HAS) called Adaptive Dynamic Streaming over HTTP (DASH), it is an international standard widely used on the Internet whether for video on demand (VoD) or for live streaming services. It has also become very popular because it has been adopted by the various players in the field of video streaming.

**Keywords :** Quality of Experience (QoE), Video Streaming, Mobile Edge Computing (MEC), User Terminal, Congestion.

# TABLE DES MATIÈRES

<i>Remerciements</i> .....	<i>i</i>
<i>Dédicaces</i> .....	<i>ii</i>
ملخص.....	<i>iv</i>
<b>RÉSUMÉ</b> .....	<i>v</i>
<b>ABSTRACT</b> .....	<i>vi</i>
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	<i>vii</i>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<i>x</i>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<i>xi</i>
<b>LISTE DES ACRONYMES</b> .....	<i>xii</i>
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE</b> .....	<i>1</i>

## CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE

1.1 Introduction .....	4
1.2 Généralités sur les réseaux sans fil .....	4
1.2.1 Types de réseaux sans fil.....	4
1.3 Le streaming vidéo .....	5
1.3.1 Définition .....	5
1.3.2 Classification des technologies de streaming vidéo.....	6
1.3.3 HTTP Adaptive Streaming (HAS).....	8
1.4 QoE et QoS .....	9
1.4.1 Définition du QoE.....	9
1.4.2 Définition du QoS .....	9
1.4.3 QoE et QoS dans le streaming vidéo .....	9
1.4.4 La différence entre QoE et QoS.....	11
1.4.5 Mesurément du QoE .....	11
1.5 Architecture MEC.....	12
1.5.1 Définition .....	12
1.5.2 Pourquoi l'architecture MEC ? .....	13
1.5.3 Normes MEC par le MEC ISG .....	13



1.6 Apprentissage par renforcement .....	15
1.6.1 Définition .....	15
1.6.2 Formalisme .....	15
1.7 Conclusion .....	16

## ***CHAPITRE 2 : ÉTAT DE L'ART DE VIDEO STREAMING ADAPTATIF***

2.1 Introduction .....	19
2.2 Différentes approches pour l'amélioration du streaming adaptatif basées sur l'utilisateur .....	19
2.2.1 Streaming adaptatif dynamique sur HTTP (DASH) [28] .....	19
2.2.2 Adaptation de la qualité en utilisant le codage vidéo évolutif dans peer-to-peer streaming vidéo à la demande [30] .....	22
2.2.3 TCP et l'amélioration des services de vidéo streaming adaptatif basé utilisateur [5] .....	25
2.3 Étude comparative .....	29
2.4 Conclusion .....	31

## ***CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE***

3.1 Introduction .....	33
3.2 Formulation de la solution proposée .....	33
3.2.1 Principe de la solution.....	33
3.2.2 Description de la solution .....	34
3.2.3 Algorithme de la solution.....	39
3.2.4 Organigramme de la solution.....	44
3.3 Conclusion .....	45

## ***CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION***

4.1 Introduction .....	47
4.2 Environnement de l'émulation .....	47
4.2.1 Système d'exploitation.....	47
4.2.2 Service de streaming .....	47
4.2.3 Topologie d'émulation.....	48
4.3 Scénarios de l'émulation.....	52

4.3.1 Scénario 1.....	52
4.3.2 Scénario 2.....	54
4.3.3 Scénario 3.....	56
4.3.4 Scénario 4.....	57
4.3.5 Scénario 5.....	59
4.4 Conclusion .....	60
<b><i>CONCLUSION GÉNÉRALE</i></b> .....	<b>62</b>
<b><i>BIBLIOGRAPHIE</i></b> .....	<b>63</b>

# ***LISTE DES FIGURES***

## ***CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE***

<b>Figure 1.1</b> : Classification des réseaux sans fil [2].....	5
<b>Figure 1.2</b> : Description générale du HAS [13].....	8
<b>Figure 1.3</b> : Architecture de QoE et QoS [19].....	10
<b>Figure 1.4</b> : Illustration du modèle de Mobile Edge Computing [22].....	13
<b>Figure 1.5</b> : Le modèle basique de l'apprentissage par renforcement [27].....	15

## ***CHAPITRE 2 : ÉTAT DE L'ART DE VIDEO STREAMING ADAPTATIF***

<b>Figure 2.1</b> : Schéma du fonctionnement de DASH.....	20
<b>Figure 2.2</b> : Diagramme de flux pour les algorithmes d'adaptation pour DASH.....	21
<b>Figure 2.3</b> : Algorithme de LLI [30] .....	23
<b>Figure 2.4</b> : Algorithme de LLA [30].....	24

## ***CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE***

<b>Figure 3.1</b> : Architecture de la solution.....	33
<b>Figure 3.2</b> : Organigramme de la solution.....	44

## ***CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION***

<b>Figure 4.1</b> : Topologie de l'émulation .....	48
<b>Figure 4.2</b> : La page du site Web .....	49
<b>Figure 4.3</b> : Résultats de scénario 1.....	53
<b>Figure 4.4</b> : Résultats de scénario 2.....	55
<b>Figure 4.5</b> : Résultats de scénario 3.....	56
<b>Figure 4.6</b> : Résultats de scénario 4.....	58
<b>Figure 4.7</b> : Résultats de scénario 5.....	60

# ***LISTE DES TABLEAUX***

## ***CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE***

<b>Tableau 1.1</b> : La différence entre QoE et QoS [19] .....	11
<b>Tableau 1.2</b> : La note moyenne d'opinion MOS [20].....	12

## ***CHAPITRE 2 : ÉTAT DE L'ART DE VIDEO STREAMING ADAPTATIF***

<b>Tableau 2.1</b> : Comparaison générale entre les approches .....	30
---	----

## ***CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE***

<b>Tableau 3.1</b> : Valeur de FR .....	35
<b>Tableau 3.2</b> : Valeur de FT .....	35
<b>Tableau 3.3</b> : Valeur de FB .....	35
<b>Tableau 3.4</b> : L'attribution de qualité .....	36
<b>Tableau 3.5</b> : L'attribution de qualité [31].....	37
<b>Tableau 3.6</b> : La note moyenne d'opinion MOS.....	38

## ***CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION***

<b>Tableau 4.1</b> : Caractéristiques de PC1 .....	48
<b>Tableau 4.2</b> : Caractéristiques de PC2 .....	50
<b>Tableau 4.3</b> : Les caractéristiques des terminaux .....	52

# ***LISTE DES ACRONYMES***

**3GPP** : 3rd Generation Partnership Project

**4G** : 4th Generation of Wireless  
Communication Technology

**5G** : 5th Generation of Wireless  
Communication Technology

**API** : *Application Programming Interface*

**BD** : La batterie disponible

**CDN** : *Content Delivery Network*

**CPU** : Central Processing Unit

**DASH** : Dynamic Adaptive Streaming  
over HTTP

**DMOS** : Differential Mean Opinion Score

**EDGE** : Enhanced Data rates for GSM  
Evolution

**EnodeB** : Evolved Node B

**ETSI** : European Telecommunications  
Standards Institute

**FB** : Le Facteur de la Batterie

**FE** : Le Facteur de la taille d'écran

**FM** : Le Facteur de MOS

**FR** : Le Facteur de Résolution

**FU** : Le Facteur-Utilisateur

**GPRS** : General Packet Radio Service

**GSM** : Global System for Mobile  
Communication

**HAS** : HTTP Adaptive Streaming

**HDS** : HTTP Dynamic Streaming

**HiperLAN** : High Performance radio  
LAN

**HLS** : HTTP Live Streaming.

**HTTP** : Hypertext Transfer Protocol

**HVAC** : Heating, Ventilation, and Air  
Conditioning

**IP** : Internet Protocol

**IPTV** : Internet Protocol Television

**IrDa** : Infrared Data Association

**ISG** : Industry Specification Groups

**ISO** : International Organization for  
Standardization

**ITU-T** : Telecommunication  
Standardization Sector of the International  
Telecommunications Union

**LLA** : Layer Level Adjustment

**LLI** : Layer Level Initialization

**LTE** : Long Term Evolution

**MAC** : Media Access Control

**MEC** : Mobile Edge Computing

**MITMProxy** : Man In The Middle Proxy

**MOS** : Mean Opinion Score

**MPD** : Media Presentation Sescription

**MPEG** : Moving Picture Experts Group

**MSE** : Media Source Extensions

**MSS** : Microsoft Smooth Streaming

**NFV** : Network function virtualization

**P2P** : Peer to Peer

**PBT** : Bande Passante Totale

**PBU** : Bande Passante des utilisateurs

**RC** : Risque de Congestion

**PDM** : Processus de Décision de Markov

**PoC** : People of color

**PSNR** : Peak Signal to Noise Ratio

**QoE** : Quality of experience

**QoS** : Quality of service

**RAM** : Random Access Memory

**RL** : Reinforcement Learning

**RT** : La Résolution du Terminal

**RTCP** : Real-time Transport Control Protocol

**RTP** : Real-time Transport Protocol

**RTSP** : Real Time Streaming Protocol

**SNR** : Signal-to-Noise Ratio

**SVC** : Scalable Video Coding

**TCP** : Transport Control Protocol

**TE** : La taille de l'écran

**UDP** : User Datagram Protocol

**UF** : User Factor

**UMTS** : *Universal Mobile Telecommunications System*

**URL** : Uniform Resource Locato

**VoD** : Video On Demand

**Wifi** : Wireless Fidelity

**WiMax** : Worldwide Interoperability for Microwave Access

**WLAN** : Wireless Local Area Network

**WMAN** : Wireless Metropolitan Area Network

**WPAN** : Wireless Personal Area Network

**WWAN** : Wireless Wide Area Network

**XML** : Extensible Markup Language

# *INTRODUCTION GÉNÉRALE*

Ces dernières décennies, le trafic vidéo a subi une augmentation fulgurante sur Internet, accompagnée de phénomène de la diminution des coûts de stockage sur disque, le développement de l'accès haut débit qui arrive aujourd'hui avec la 5G, les services évolués qui sont déployés par les fournisseurs de la multimédia. Tous ces facteurs ont permis au streaming vidéo d'occuper une partie considérable des communications Internet.

Cependant, dans cette évolution, l'utilisateur devient très exigeant par rapport à la qualité reçue du vidéo streaming. Dans ce sens, il y a un profond besoin d'améliorer ces services avec des mesures qui permettent de refléter la satisfaction et la perception des utilisateurs, ce sont appelés les mesures de la qualité d'expérience (QoE) où de service (QoS) qui sont décrites par l'ITU-T comme étant « l'acceptabilité globale d'une application ou d'un service, tel qu'il est perçu subjectivement par l'utilisateur final ».

Plusieurs méthodes et solutions ont essayé d'améliorer la qualité d'expérience dans le domaine des services de streaming vidéo, cela varie selon les paramètres utilisés, mais à cause du manque d'une architecture centralisée le problème de la congestion sur les réseaux reste encore un obstacle dans les réseaux en devenant un problème délicat en pouvant affecter la qualité d'expérience.

Dans ce cadre s'inscrit notre projet de fin d'études qui consiste à améliorer la qualité d'expériences des services de vidéo streaming adaptatif dans une architecture MEC. Nous avons basé sur la congestion dans notre solution proposée dans une nouvelle architecture apparue, appelée l'architecture MEC (Mobile Edge Computing) qui est une nouvelle technologie pour les fournisseurs du réseau qui ont du mal à répondre aux demandes des utilisateurs sur le plan de consommation de la bande passante. Donc, l'idée de cette architecture est d'absorber une partie de la charge de travail créée par les utilisateurs afin d'améliorer la réactivité et de soulager l'infrastructure réseau qui est associée plus près de l'utilisateur final. Et pour que cet utilisateur soit satisfait, plusieurs stratégies peuvent être utilisées, telles que les outils de la qualité d'expériences qui sont en général utilisés en parallèle des outils de qualité de services qui permettent aux utilisateurs de pré orienter leurs recherches d'optimiser les ressources d'un réseau et donc de réduire le temps de résolution d'un problème alors on peut

conclure que ces deux qualités indiquent le degré auquel le service répond aux attentes de l'utilisateur.

Afin de mener à bien notre projet, nous avons réparti le contenu de notre travail en chapitres, ainsi :

- Le premier chapitre s'intitule « Notion de base » on a cité quelques notions de base. Tout d'abord, on va présenter des généralités sur les réseaux sans fil. Puis, on va parler du streaming vidéo. Ensuite, on va parler aussi de la qualité d'expérience et de service en montrant les différences entre ces deux. Puis, on va définir l'architecture MEC et certaines de ses normes. Finalement, on va terminer par décrire l'apprentissage par renforcement en général.
- Le deuxième chapitre s'intitule « État de l'art de vidéo streaming adaptatif », dans ce chapitre on exposera trois approches connues pour améliorer la qualité d'expérience dans les services de vidéo streaming qui prennent en compte les paramètres du terminal final et à partir de cela, on va identifier la problématique de la congestion qui peut être causé du parce qu'elles se sont faites dans une architecture décentraliser.
- Le troisième chapitre « Conception d'un mécanisme d'adaptation de vidéo streaming centralisé » qui est consacré à la conception de notre solution. Pour cela, on a bien détaillé la solution en citant son principe, sa description, ses algorithmes et son organigramme.
- Le quatrième et dernier chapitre « Implémentation et évaluation » comporte une présentation de l'environnement de l'émulation dans lequel notre solution a été réalisée. Puis, des discussions des résultats des scénarios obtenus de notre émulation.

Nous terminons par une conclusion générale dans laquelle seront présentées les perspectives à ce travail puis par les références bibliographiques utilisées.



# ***CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE***

## 1.1 Introduction

Depuis toujours, les fournisseurs sur Internet ont cherché à offrir une meilleure qualité de vidéo et avec une meilleure expérience. Ceci s'est traduit par la création de nouvelles technologies dans les réseaux sans fil et aussi par déployer des services de streaming vidéo évolués qui font jusqu'à maintenant la polémique pour atteindre les meilleurs résultats.

Ce chapitre a pour objectif de donner un bref sur les réseaux sans fil en premier lieu. Puis, de présenter le streaming vidéo et ensuite la qualité d'expérience et la qualité de service. Puis, l'architecture MEC. Enfin, il se termine par décrire l'apprentissage par renforcement.

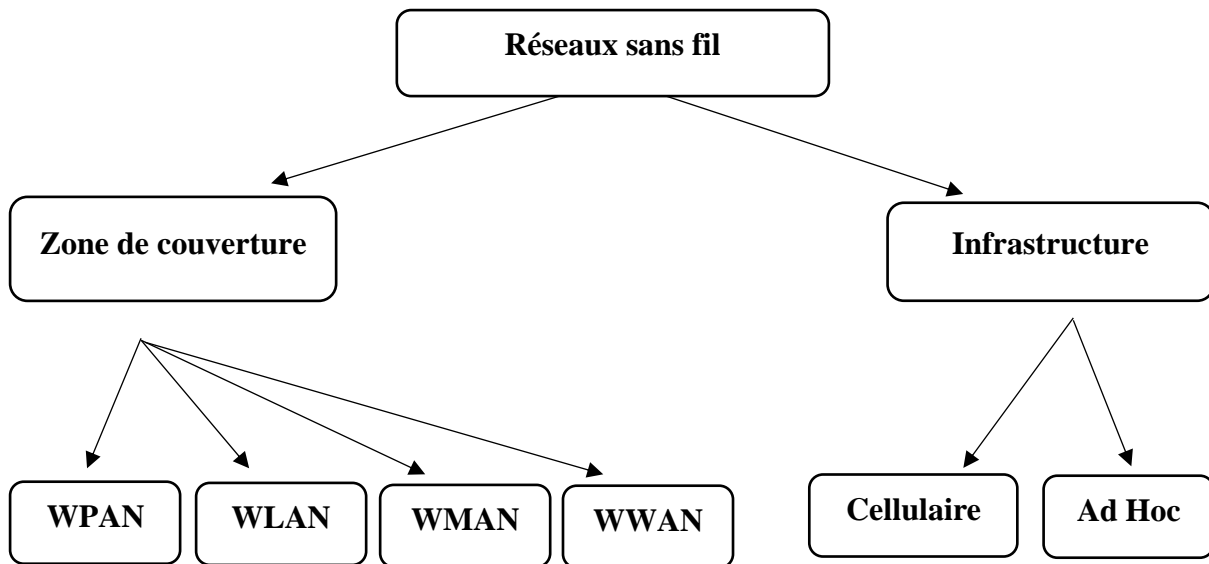
## 1.2 Généralités sur les réseaux sans fil

Un réseau sans fil (Wireless network) est comme son nom l'indique un réseau dans lequel au moins deux terminaux peuvent communiquer sans liaison filaire. Grâce aux réseaux sans fil, un utilisateur a la possibilité de rester connecté tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu, c'est la raison pour laquelle on entend parfois parler de « mobilité ».

Les réseaux sans fil permettent de relier très facilement des équipements distants d'une dizaine de mètres à quelques kilomètres. De plus, l'installation de tels réseaux ne demande pas de lourds aménagements des infrastructures existantes comme c'est le cas avec les réseaux filaires (creusement de tranchées pour acheminer les câbles, équipements des bâtiments en câblage, goulottes et connecteurs), ce qui a valu un développement rapide de ce type de technologies. [1]

### 1.2.1 Types des réseaux sans fil

Les réseaux peuvent être classés selon divers critères, mais habituellement il y'a deux classes de réseaux sans fil, la première selon la zone de couverture où il issue quatre catégories sont : les réseaux personnels, les réseaux locaux, le réseau métropolitain et les réseaux étendus, la deuxième se base sur l'infrastructure avec deux catégories : cellulaire et ad hoc, la *figure 1.1* montre cette hiérarchique.



*Figure 1.1 : Classification des réseaux sans fil [2]*

Ce sont le cellulaire et WLAN les plus utilisés dans nos jours pour qu'ils puissent offrir l'accessibilité à Internet. La 4G où LTE qui est la plus commercialisée en offrant des services de haut débit (100 Mbit/s en « download » et 50 Mbit/s en « upload »), mais la 5G pourrait offrir jusqu'à 50 Gbit/s de débit descendant ce qui va être une vraie évolution dans ce domaine [3].

## 1.3 Le streaming vidéo

### 1.3.1 Définition

Le streaming vidéo est une technique utilisée dans les hébergements Internet permettant de diffuser presque en temps réels, il a été largement déployé et étudié depuis des décennies. Selon un rapport récent de Cisco, il faudrait un individu plus de 5 millions d'années à regarder la quantité de vidéos qui traversera les réseaux IP mondiaux chaque mois en 2019. Chaque seconde, près d'un million de minutes de contenu vidéo traverseront le réseau. Globalement, le trafic vidéo représente 80% de l'ensemble du trafic Internet grand public en 2019, contre 64% en 2014 [4].

Après l'émergence des technologies de télécommunications qui permettent des débits de plusieurs gigabits de données par seconde comme la 5G et les différentes applications du streaming, tel que les vidéos streaming, IPTV, VOD, vidéoconférences, avec une résolution qui

# CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE

---

pourrait atteindre 7680\*4320 (8K) , et pour qu'ils puissent être performants et surmonter les différents problèmes qui s'y posent, les grandes industries de la vidéo en ligne ont créé des formats propriétaires streaming à débit adaptatif comme Microsoft Smooth Streaming, Apple HLS et Adobe HDS utilisant surtout le protocole de transport TCP.

## 1.3.2 Classification des technologies de streaming vidéo

### *a. Selon l'adaptation*

Basé sur la présence (côté client et/ou serveur) ou l'absence d'un mécanisme d'adaptation, le streaming vidéo peut être classé comme adaptatif ou non adaptatif. [5]

- **Streaming adaptatif :**

Le streaming adaptatif est un processus qui ajuste la qualité d'une vidéo transmise en fonction des conditions du réseau variables telles que la bande passante disponible, la résolution d'affichage, la puissance du processeur, l'état tampon, etc., afin de garantir la meilleure expérience d'affichage possible.

Le streaming adaptatif est devenu très populaire parce qu'il améliore largement l'expérience de l'utilisateur final : la qualité de la vidéo est ajustée dynamiquement aux conditions du réseau de l'utilisateur afin d'offrir la meilleure qualité possible. Il réduit aussi la mémoire tampon et optimise la livraison à travers une large gamme d'appareils. [5]

- **Le streaming non adaptatif :**

Dans ce mode, une seule version codée de la vidéo est utilisée. Par conséquent, aucune flexibilité n'est disponible en choisissant automatiquement entre les différentes versions des médias. Ce qui fait que la teneur en continu ne peut être adaptée aux conditions disponibles. Par conséquent, si le dispositif de l'utilisateur ne dispose pas suffisamment de bandes passantes, des ressources du processeur ou de la mémoire, l'affichage de la vidéo chez l'utilisateur va souffrir d'interruptions (playout). Cependant, dans certains systèmes non adaptatifs, l'utilisateur dispose de multiples qualités et peut choisir manuellement la bonne qualité vidéo qui va avec ces ressources. [5]

# CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE

---

## *b. Selon le protocole de transport*

Les technologies de streaming vidéo au mieux peuvent être classées en fonction de leur protocole de transport aussi. On peut distinguer deux grandes catégories : le streaming vidéo basé sur UDP, appelé streaming vidéo basé sur TCP [6].

- **Streaming vidéo basé sur TCP :**

Le streaming vidéo sur Internet est généralement basé sur TCP en raison de sa fiabilité. Bien que TCP soit actuellement le protocole de transport le plus utilisé sur Internet, on considère généralement qu'il ne convient pas au streaming multimédia. Les principales raisons résidentes dans :

- Le mécanisme d'accusé de réception TCP qui ne s'échelonne pas lorsque le nombre de destinations augmente pour le même serveur.
- Le mécanisme de retransmission qui peut des retards de transmission indésirables et peut enfreindre les exigences strictes de temps pour la transmission en continu. Vidéo en direct [7, 8, 9].

Afin de faciliter la traversée des NAT et des pare-feu, HyperText Transfer le protocole (HTTP) a généralement été utilisé sur TCP [7]. En conséquence, le lecteur vidéo est incorporé dans un navigateur Web. Pour le streaming vidéo basé sur HTTP / TCP, il existe essentiellement deux catégories : HTTP progressif téléchargement et diffusion adaptative HTTP (HAS).

- **Streaming vidéo basé sur UDP :**

UDP a été largement utilisé comme protocole de transport en conjonction avec des protocoles de couche d'application spécifiques, appelés protocole de transport en temps réel (RTP) [10]. RTP fournit des fonctions de transport de réseau de bout en bout adaptées aux applications de transmission données en temps réel sur des services de réseau de multidiffusion ou uniciste, cela ne concerne pas la ressource réservation et ne garantit pas la qualité de service pour les services en temps réel. En outre, un autre protocole de couche d'application, appelé RTSP (Real Time Streaming Protocol) [11], est généralement utilisé avec RTP. RTSP fournit un cadre extensible spécifique au contenu multimédia à utiliser sur RTP ; il établit et contrôle un ou plusieurs flux synchronisés en continu de manière continue médias tels que flux audio et vidéo. Outre les services réseau unicistes / multicast, RTSP fournit des opérations, telles que la lecture, la pause et l'enregistrement, pour les clients de streaming audio ou vidéo [9] et agit comme une "télécommande réseau" pour les serveurs multimédias, d'où la raison de RTSP

# CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE

emploie pour le service IPTV. Et il y'en a d'autres comme RTP/RTCP, mais RTP/RTCP a été réservé aux services IPTV dans un réseau géré [12].

Offrir une bonne qualité de diffusion en continu lorsque les utilisateurs accèdent à Internet, par exemple. En dehors du réseau géré, reste difficile à atteindre avec les protocoles RTP / RTCP. À cause de cela, de nombreuses recherches ont été développées pour utiliser un autre protocole de transport pour le streaming vidéo sur Internet, tel que TCP.

## 1.3.3 HTTP Adaptive Streaming (HAS)

HTTP Adaptive Streaming (HAS) est devenu une méthode populaire pour le streaming vidéo sur Internet. Avec HAS, le contenu vidéo est adapté à la volée à la bande passante disponible du réseau. Ce comportement représente une avancée majeure par rapport au streaming classique à transfert HTTP classique pour les raisons suivantes :

- Le contenu vidéo segmentée en plusieurs qualités peut être diffusé en temps réel, tandis que le téléchargement HTTP progressif est limité au service VoD.
- La qualité vidéo peut être adaptée en permanence à la bande passante disponible du réseau au cours de la même session de diffusion en continu, de sorte que chaque utilisateur puisse regarder la vidéo demandée au débit maximum autorisé par la bande passante disponible, laquelle est à la minute, cette opération est montrée dans *la figure 1.2*.

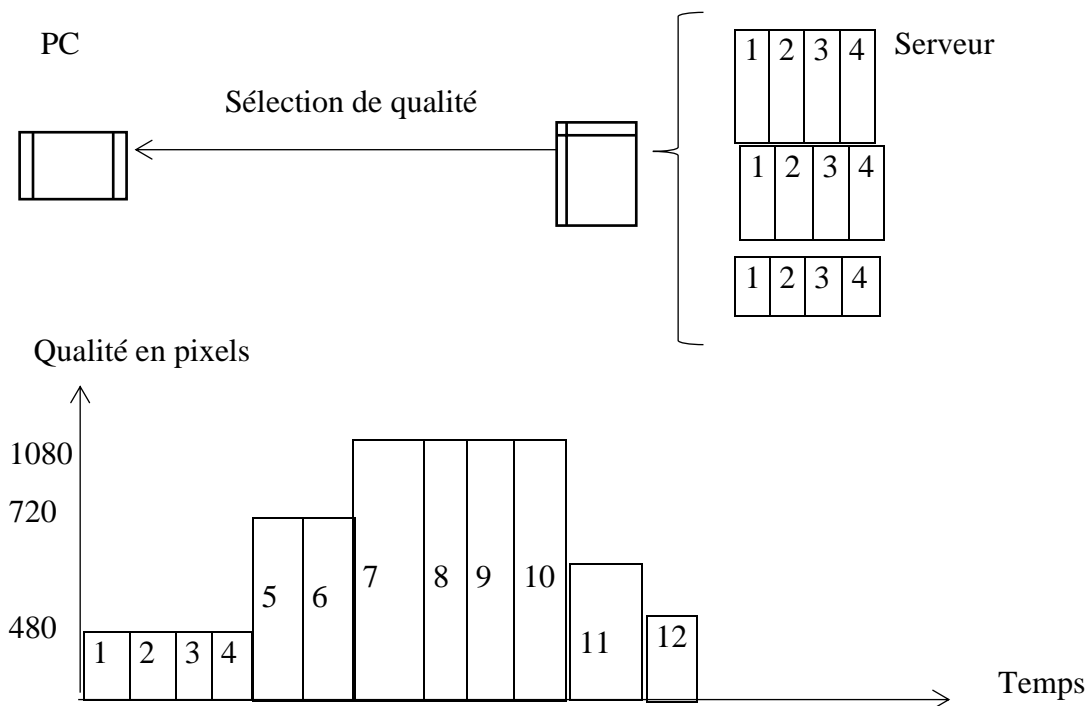


Figure 1.2 : Description générale du HAS [13]

# CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE

---

Le streaming adaptatif HTTP a été commercialisé par plusieurs sociétés dominantes en parallèle. Par exemple, Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH), HTTP Live Streaming (HLS), Microsoft Smooth Streaming (MSS) et Adobe HTTP Dynamic Streaming (HDS), il y'a d'autres que ces services. [14]

## 1.4 QoE et QoS

### 1.4.1 Définition du QoE

La Qualité d'Expérience fait référence à la Qualité d'Expérience utilisateur. Cette notion se retrouve sous différentes terminologies dont la principale, empruntée à l'anglais est la QoE (Quality of Experience). Le terme QoE est de fait parmi les termes les plus utilisés et fédérateurs au niveau international pour aborder ce concept. Il faut différencier ce que représente la Qualité d'expérience pour un utilisateur avec la façon dont elle se mesure réellement. En effet, la QoE représente l'ensemble des caractéristiques objectives et subjectives propres à satisfaire, fidéliser ou donner confiance à un utilisateur au travers du cycle de vie d'un service. Par opposition, la mesure de la QoE se fait par une évaluation subjective d'une personne ou d'une population cohérente d'utilisateurs sur un service dont elles ont l'usage. [15]

### 1.4.2 Définition du QoS

La qualité de service est un concept de gestion qui a pour but d'optimiser les ressources d'un réseau (en management du système d'information) ou d'un processus (en logistique) et de garantir de bonnes performances aux applications critiques pour l'organisation. La qualité de service permet d'offrir aux utilisateurs des débits et des temps de réponse différenciés par applications (ou activités) suivant les protocoles mis en œuvre au niveau de la structure.

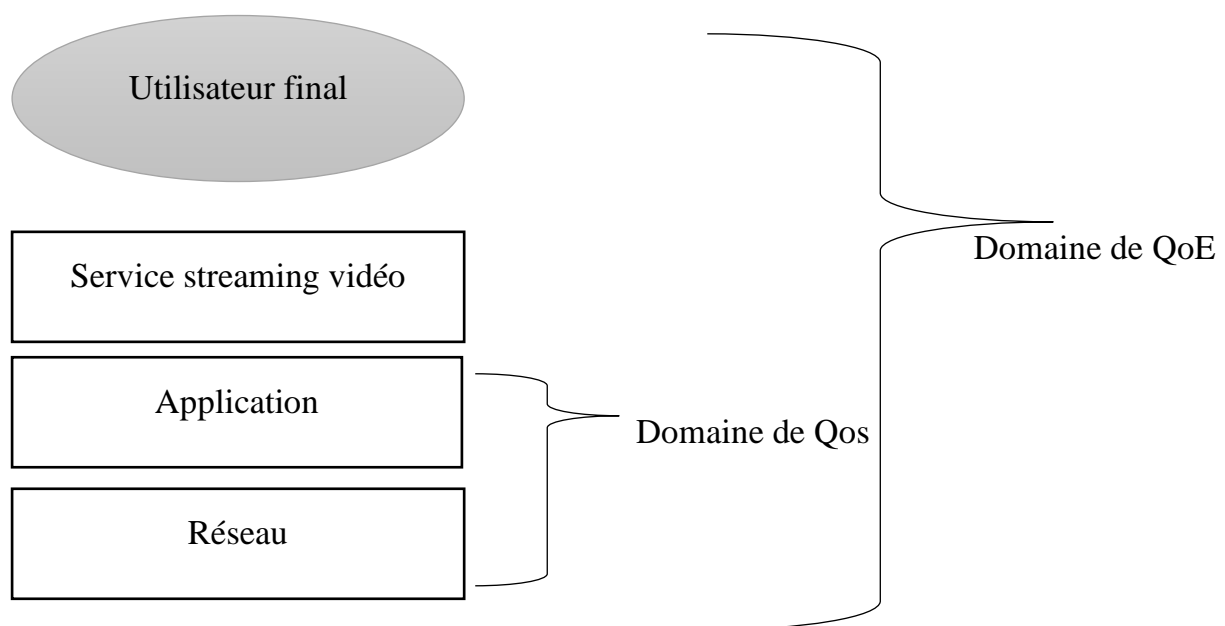
Elle permet ainsi aux fournisseurs de services (départements réseaux des entreprises, opérateurs...) de s'engager formellement auprès de leurs clients sur les caractéristiques de transport des données applicatives sur leurs infrastructures IP. [16]

### 1.4.3 QoE et QoS dans le streaming vidéo

La qualité d'expérience (QoE) est considérée comme une mesure centrée sur l'utilisateur qui se transmette au total l'acceptabilité du service streaming vidéo qui a traité les facteurs de bout en bout, elle est utilisée pour mesurer la performance, ce que l'utilisateur peut comprendre subjectivement. Après tout, on trouve que la QoE est une extension de la QoS [17].

## CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE

La qualité d'expérience (QoE) dépend de la qualité de service (QoS), elle indique le degré auquel le service répond aux attentes de l'utilisateur, notamment du point de vue de l'utilisateur à l'évaluation performances du service, la *figure 1.3* montre que la QoE est une extension de la QoS. L'évolution dans l'infrastructure de réseau et environnement de commerce électronique rendant les fournisseurs de services concernés poids au contrôle de la qualité et sont associés à l'amélioration de la qualité de l'expérience utilisateur en tant que des principales méthodes de compétition [18].



*Figure 1.3 : Architecture de QoE et QoS [19]*



# CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE

## 1.4.4 La différence entre QoE et QoS

Le tableau suivant montre les majeures différences dans le streaming vidéo entre ces deux :

QoE	QoS
Mesure la satisfaction et efficace la qualité du réseau et un service.	Mesure l'efficacité du réseau et ses composants.
Du point de vue de l'utilisateur, la personne de technologies de l'information et de la communication, application et systèmes	Du point de vue de performances des systèmes de télécommunication et mécanisme.
La mesure de la qualité d'expérience est basée sur la méthodologie approche multidisciplinaire.	La mesure de la qualité de service est basée sur l'expérimental, évaluation basée sur la technologie ou simulée.
Focalise sur un domaine plus large, pas seulement sur les réseaux	Focalise sur les services de télécommunication
Mesures : subjectives (MOS, DMOS,...) et objectif : (heure de visionnage, probabilité de retour,...)	Mesures : paramètres de codage (débit, spatial et caractéristiques temporelles) et paramètres de réseau (perte de paquet, délai et gigue)

*Tableau 1.1 : La différence entre QoE et QoS [19]*

## 1.4.5 Mesurément de la QoE

Pour mesurer la qualité d'expérience il y'a plusieurs approches, mais la mesure la plus fréquemment utilisée est MOS (Mean Openion Score), c'est une approche subjective recommandée par l'union internationale de télécommunication.

### *a. La note moyenne d'opinion*

Le principe de calcul du MOS est basé sur un sondage d'un échantillon supposé représentatif de la population des utilisateurs. Les personnes constituant l'échantillon sont

# CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE

invitées à regarder ou écouter, puis son équivalent codé décodé. À la fin, ils donnent une note sanctionnant la qualité qu'ils ont perçue. La moyenne des notes fournies par la population constitue le MOS. Le tableau ci-dessous montre les notes et leurs significations en fonction de qualité :

NOTE	QUALITÉ
5	Excellente
4	Bien
3	Juste
2	Pauvre
1	Mal

*Tableau 1.2 : La note moyenne d'opinion MOS [20]*

## 1.5 Architecture MEC

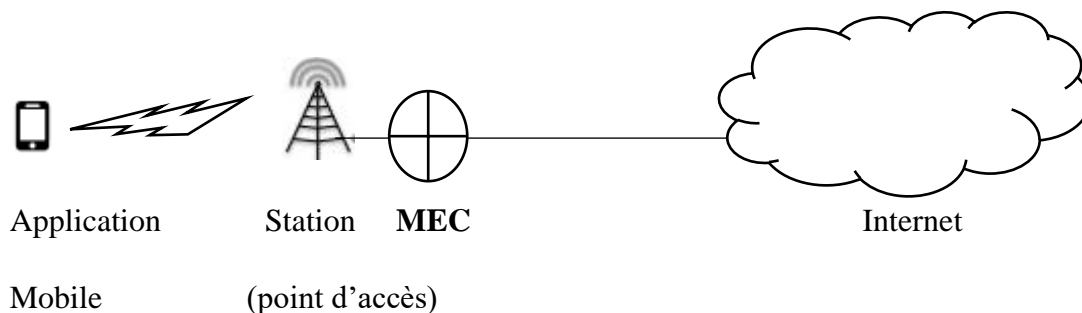
### 1.5.1 Définition

Mobile Edge Computing (MEC) est une nouvelle technologie en cours de normalisation dans un groupe de spécification industrielle (ISG) ETSI du même nom. Mobile Edge Computing fournit un environnement de service informatique et des capacités de cloud computing à la périphérie du réseau mobile, au sein du réseau d'accès radio et à proximité immédiat des abonnés mobiles. L'objectif est de réduire la latence, d'assurer un fonctionnement hautement efficace du réseau et la fourniture de services et d'offrir une expérience utilisateur améliorée [21].

Elle regroupe les infrastructures dont une partie est hébergée à l'extrémité des réseaux mobile, c'est-à-dire au plus près des antennes mobiles. Cette partie de l'infrastructure héberge des ressources de calcul, qui sont ainsi au plus proche des utilisateurs mobiles, permettant de bénéficier de faibles latences réseau lors de la communication entre les applications mobiles et les ressources de calculs, ce qui n'est pas le cas avec les infrastructures de Cloud Computing classiques. [22]

## 1.5.2 Pourquoi l'architecture MEC ?

Le but consiste à déployer des serveurs de manière proche des utilisateurs (voir la *figure 1.4*) pour absorber une partie de la charge de travail créée par les applications mobiles afin d'améliorer la réactivité, de soulager l'infrastructure réseau ou de calcul, ou de proposer des services tirant avantage de la localisation des utilisateurs [23]. Il n'existe pas de technologie de référence, il y'a des implémentations s'attaquant à un problème donné, tel que le stockage d'information ou le traitement au plus proche de l'utilisateur [24]. En fait, à cause de la difficulté d'écrire un système qui permet à un ensemble de ressources de fonctionner exclusivement au niveau de l'extrémité réseau sans partie centralisée, les propositions et implémentations actuelles s'appuient toujours en partie sur ce modèle [25].



*Figure 1.4 : Illustration du modèle de Mobile Edge Computing [22]*

## 1.5.3 Normes MEC par le MEC ISG

- **Aspects de la mobilité de bout en bout** - Cette norme aborde le problème de la continuité de service lorsque l'appareil d'un utilisateur utilise un réseau de périphéries, puis quitte le réseau. Il décrit, en détail, les procédures de relocalisation, les solutions et les considérations pour divers scénarios afin de maintenir une communication constante entre l'appareil et le réseau.
- **Mobile Edge Management, Partie 1 : Gestion du système de l'hôte et de la plateforme** : Cette norme définit le protocole de gestion du système de périphérie mobile des hôtes et des plates-formes
- **API de gestion de bande passante** - Cette norme traite principalement des problèmes de bande passante lorsque plusieurs périphériques utilisent le même réseau périphérique. Il se concentre sur les informations de stratégie d'application et sur la façon de traiter certains

## CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE

---

scénarios d'interface de programmes d'application (API) qui affectent l'utilisation de la bande passante et le périmètre du réseau.

- **Interface d'application UE** - Cette norme explique comment gérer le cycle de vie de l'application sur l'interface de l'application connectée.
- **Principes généraux pour les API de service Edge Mobile** contiens un glossaire des principes de conception du service **mobile Edge Restful**. Ce document met également en évidence les lignes directrices et les modèles de l'API.
- **Mobile Edge Management, Partie 2** - Le MEC ISG décrit le protocole de gestion du style de vie de l'application dans cette norme. Le document énumère les règles et les exigences de gestion. Il illustre également les points de référence pour prendre en charge la gestion du cycle de vie.
- **Activation des applications de plate-forme mobile** - Ce document se concentre sur la manière dont le point de référence de la fonctionnalité de plate-forme mobile (Mp1) permet aux applications de communiquer avec le système de périphérie mobile.
- **API d'informations de réseau radio** - Les informations de réseau radio peuvent être utilisées par des plates-formes mobiles pour améliorer les processus de mobilité. Cette norme décrite quand il est utile d'adopter l'API Radio Network Information, et comment l'utiliser.
- **API de localisation** : cette norme établit des directives pour la détection des informations de localisation des appareils de l'utilisateur sur le réseau périphérique.
- **Accélération du marché Meilleures pratique et consignes de MEC Metrics** - Ce document répertorie les métriques MEC afin d'évaluer les améliorations technologiques de MEC.
- **Exigences techniques** - Cette spécification couvre les principes génériques liés à MEC, tels que l'alignement NFV et le support de mobilité. En outre, il explique le cadre, les exigences de service et répertorie les fonctionnalités importantes.
- **Architecture du cadre et de référence** - Cette spécification illustre le cadre et l'architecture de référence de MEC. Ceci est particulièrement utile, car il indique les points de référence mentionnés dans les documents standards ultérieurs.
- **Terminologie** - Glossaire des termes concernant les différents éléments du MEC.
- **Scénarios de service** - Un aperçu des services qui bénéficient de MEC.
- **Cadre de validation de concept (PoC)** - Il décrit le cadre qui sous-tend le PoC et ses objectifs. [26]

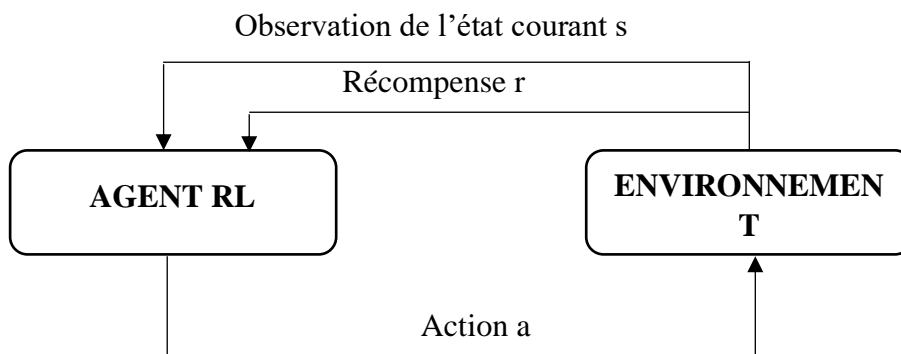
## 1.6 Apprentissage par renforcement

### 1.6.1 Définition

L'apprentissage par renforcement (Reinforcement Learning – RL) fait partie de la catégorie de l'apprentissage automatique. Il consiste à apprendre comment associer des actions à des situations de façon à maximiser une récompense numérique. L'apprenti, appelé agent d'apprentissage par renforcement ou agent tout court, ne sait pas quelles actions prendre, comme c'est le cas dans la plupart des techniques d'apprentissage automatique. Il doit apprendre quelles actions choisir dans une situation donnée afin d'atteindre un ou plusieurs buts. Le processus d'apprentissage se fait à travers les interactions avec l'environnement et, par conséquent, il est différent des techniques d'apprentissage supervisé qui requièrent les connaissances d'un expert. [27]

### 1.6.2 Formalisme

L'environnement qui supporte l'apprentissage par renforcement est typiquement formulé sous forme d'un processus décisionnel de Markov (Markov Decision Process – MDP). Un modèle de MDP se compose d'un ensemble d'états, un ensemble d'actions, une fonction de transition et une fonction de récompense. La figure suivante montre ce modèle. [27]



*Figure 1.5 : Le modèle basique de l'apprentissage par renforcement [27]*

La fonction de transition  $T : S \times A \times S \rightarrow [0; 1]$  décrit toutes les transitions possibles du modèle. Plus précisément, elle retourne la probabilité que le système se retrouve dans un état  $s' \in S$  en allant d'un état  $s \in S$ , et en ayant choisi une action  $a \in A$ . La fonction de récompense  $R : S \times A \times S \rightarrow R$  retourne une valeur réelle lorsque le système passe d'un état  $s \in S$  à un état  $s' \in S$  après avoir effectué une action  $a \in A$ . Dans cet environnement, l'agent est censé découvrir

# CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE

---

quelles actions mènent vers les plus grandes récompenses en les essayant. À chaque étape du temps, l'agent observe l'état courant  $s \in S$ . Dans chaque état  $s$ , l'agent doit choisir une action  $a \in A$  parmi un ensemble d'actions disponibles à partir de cet état. Une action  $a$  peut entraîner une transition de l'état  $s$  à un autre état  $s' \in S$ , selon une fonction de transition probabiliste. Cette fonction représente les différentes probabilités des transitions possibles. Une récompense numérique (reward en anglais)  $r$  est retournée à l'agent à chaque fois qu'il exécute une action. Cette récompense informe l'agent de la désirabilité d'un état. La plupart du temps, les actions affectent non seulement les récompenses immédiates que l'agent reçoit tout de suite après avoir accompli l'action, mais aussi les récompenses futures. [27]

L'objectif de l'agent est d'apprendre la politique optimale qui lui permettrait de maximiser l'espérance de la récompense cumulée. Une politique (policy en anglais)  $\pi: S \rightarrow A$  associe les actions aux états.  $\pi(s)$  représente l'action que l'agent doit prendre quand il est dans l'état  $s$ , selon la politique  $\pi$ . La récompense cumulative peut être exprimée de deux façons. Soit, elle prend la forme d'une somme de toutes les récompenses récoltées comme dans l'équation 1. Soit, elle est représentée par la somme des récompenses dévaluées comme dans l'équation 2. [27]

$$R = r_0 + r_1 + \dots + r_n \quad (1)$$

$$R = \sum_t \gamma^t r_t \quad (2)$$

Où  $\gamma$  est le facteur de dévaluation.

Pour un horizon infini, le facteur de dévaluation (discount factor en anglais) est là pour refléter une dévaluation des récompenses futures. Ce facteur, compris entre 0 et 1, permet de prendre en compte les récompenses plus ou moins loin dans le futur pour le choix des actions de l'agent. [27]

## 1.7 Conclusion

Dans ce chapitre, on a fait une présentation des différentes notions qui concernent notre travail. Tout d'abord, on a donné des détails sur les réseaux sans fil et sur le streaming vidéo

## **CHAPITRE 1 : NOTION DE BASE**

---

ainsi que la qualité d'expérience et la qualité de service et la différence entre ces deux. Ensuite, on décrit la nouvelle technologie MEC, et l'on a terminé par l'apprentissage par renforcement.

Ces différents concepts traités dans ce chapitre, nous aiderons à mieux comprendre les notions fondamentales pour mener à bien notre travail dans les prochains chapitres qui consiste à améliorer la qualité d'expérience des services de vidéo streaming adaptatif dans une architecture MEC.

***CHAPITRE 2 : ÉTAT DE L'ART DE VIDEO  
STREAMING ADAPTATIF***



### 2.1 Introduction

La croissance du streaming vidéo aujourd'hui est un enjeu difficile pour les fournisseurs du streaming vidéo, qui pourraient avoir quelques difficultés pour satisfaire la qualité d'expérience de l'utilisateur, c'est l'objectif de notre projet. Le travail demandé vise à améliorer la qualité d'expériences dans les services de vidéo streaming dans une architecture MEC, en se basant sur les paramètres du terminal final.

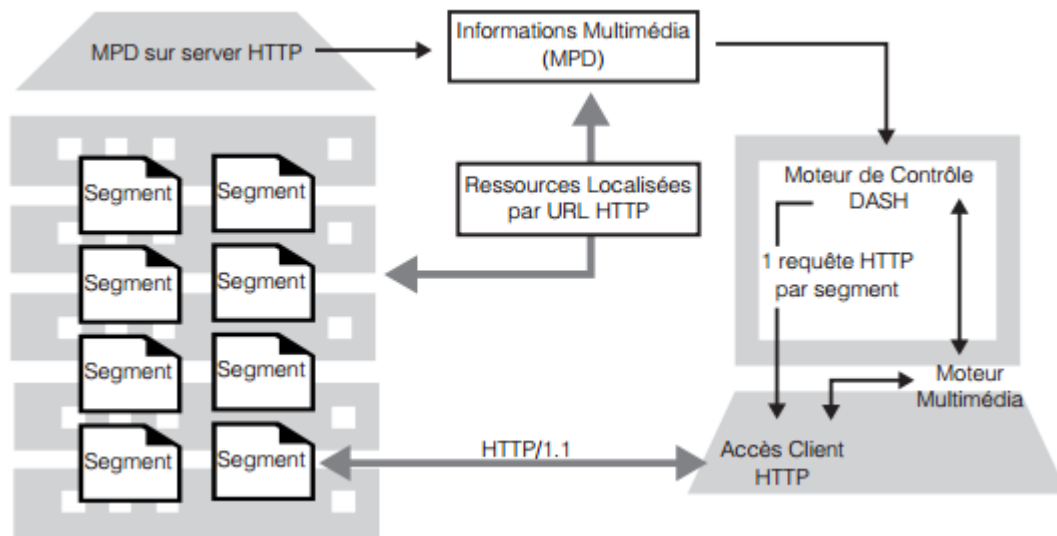
Ce chapitre commence par décrire les trois approches connues pour améliorer la qualité d'expérience dans les services de vidéo streaming qui prennent en compte les paramètres du terminal final, en extrayant les avantages et les inconvénients qui sont issus de nos études et nos analyses de chacune. Enfin, une étude comparative entre ces approches.

### 2.2 Différentes approches pour l'amélioration du streaming adaptatif basées sur l'utilisateur

#### 2.2.1 Streaming adaptatif dynamique sur HTTP (DASH) [28]

Malgré la large adoption des différentes approches de streaming telles que Microsoft Smooth Streaming, Adobe Dynamic Streaming et Apple HTTP Live Streaming et leur succès commercial, ces solutions sont incompatibles mutuellement, bien qu'ils partagent un contexte technologique similaire. Donc, la nécessité d'une norme pour une utilisation générale de la HAS est devenue inévitable. Une norme HAS a été proposée par 3GPP et publiée dans la version 9 du TS 26.234 en 2009. La collaboration entre 3GPP et MPEG avait abouti à la publication d'une nouvelle norme ISO [29], appelé streaming adaptatif dynamique sur HTTP (DASH) en 2012 (souvent nommé MPEG-DASH), c'est une technique du streaming adaptative basée sur HTTP à débit binaire (adaptive bitrate streaming), cela veut dire que DASH marche en détectant la bande passante et la capacité du CPU de l'utilisateur en temps réel, qui le permet d'être classé entre les approches basées sur l'utilisateur final.

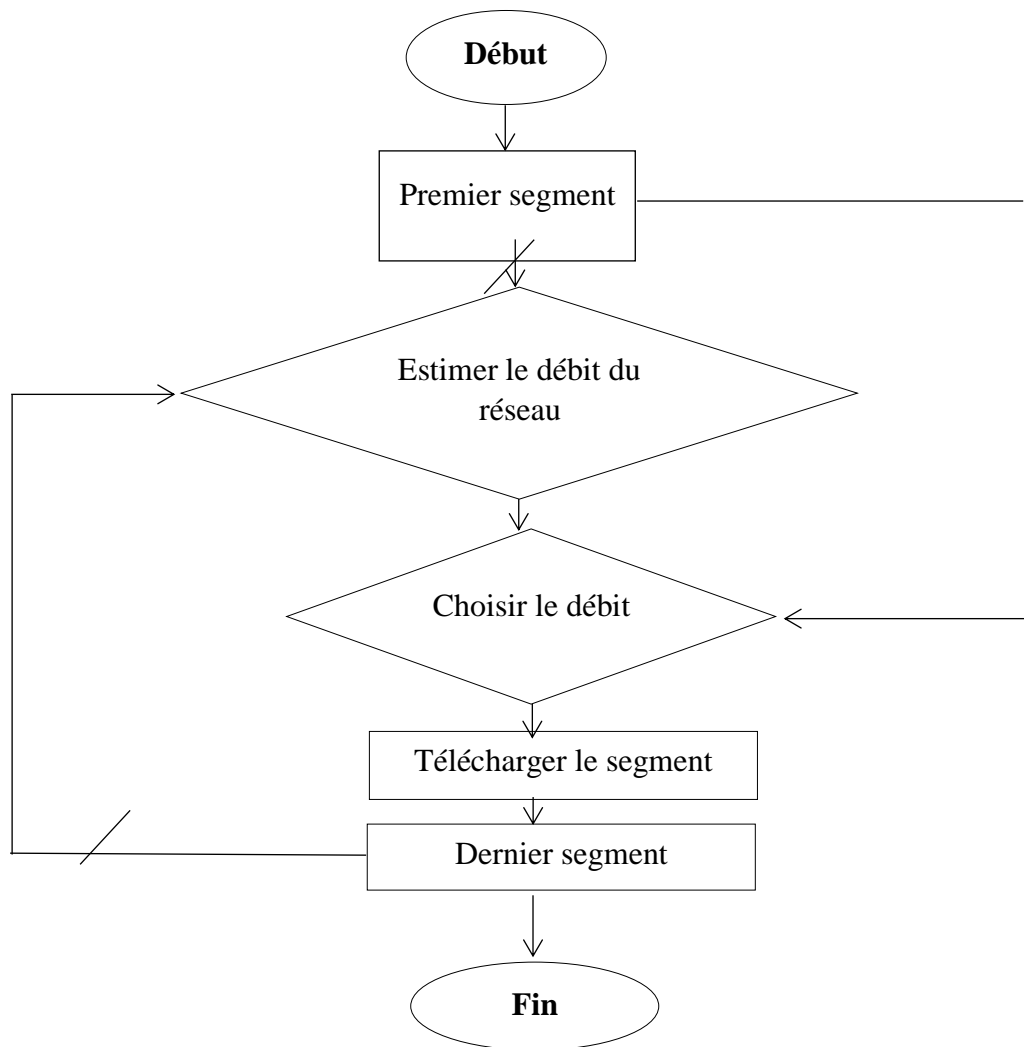
La norme DASH utilise un fichier d'index XML appelé Description de la présentation multimédia (MDP), il prend en charge la présentation des fichiers audio/vidéo encodés de différentes manières et le fichier de description qui décrit au lecteur les URL de chaque source. La *figure 2.1* présente l'architecture de ce protocole.



*Figure 2.1 : Schéma du fonctionnement de DASH*

Dans DASH, le fichier multimédia est divisé en petits segments de durée fixe, par exemple, 2 secondes, qui peut être codé à différents débits binaires ou qualités (appelées représentations). Par exemple, lorsque vous utilisez un seul codec (multicouche) tel que AVC (SVC), chaque segment a des versions différentes (couches). Les segments sont fournis sur un serveur Web et peuvent être téléchargés par des requêtes GET conformes à la norme HTTP. L'adaptation au débit est effectuée du côté client pour chaque segment.

La logique de streaming permet une évolutivité et une flexibilité élevées. Par conséquent, les algorithmes d'adaptation de débit ne sont pas standardisés dans DASH, l'objectif étant de choisir un débit garantissant une bonne qualité vidéo et d'éviter les interruptions de lecture vidéo inutiles (Congestion). Nous passons en revue les algorithmes d'adaptation proposés dans la littérature dans la section suivante.



*Figure 2.2 : Diagramme de flux pour les algorithmes d'adaptation pour DASH*

### *a. Les avantages de l'approche*

- Appliqué à un service de streaming de bout en bout (p2p).
- C'est une norme internationale officielle.
- Elle se base sur la bande passante et le processeur du client pour lui attribuer la qualité qui le convient.
- DASH est basé sur HTTP. Donc, il peut exploiter les mêmes serveurs Web HTTP que ceux utilisés pour diffuser tout autre contenu sur Internet, cela permet d'utiliser DASH par un grand nombre de fournisseurs de service de vidéo streaming.
- Seul le Dash offre un mécanisme de signalisation par la base URLs au niveau MPD pour le client où plusieurs CDN sont utilisés.
- Agnostique aux codecs vidéo et audio.

### *b. Les inconvénients de l'approche*

- DASH est beaucoup plus complexes sur le plan opérationnel que les technologies de diffusion en continu traditionnelles. Donc, sa complexité est haute.
- L'architecture de l'approche est décentralisée.
- Elle utilise que la bande passante et le processeur pour adapter la qualité.
- Adapter selon la bande passante peut affecter le réseau surtout dans les réseaux partagés comme le cellulaire.
- Elle ne prend pas l'avis du l'utilisateur en compte.

### **2.2.2 Adaptation de la qualité en utilisant le codage vidéo évolutif dans peer-to-peer streaming vidéo à la demande [30]**

Cette adaptation se déroule en deux phases. En premier, les auteurs de [30] utilisent la stratégie d'initialisation du niveau de couche (LLI), une qualité initiale est sélectionnée en fonction des ressources statiques de l'homologue. Par exemple, la résolution de l'écran, bande passante et puissance de l'appareil. Après le streaming commence, un autre ensemble d'algorithmes appelé le niveau de couche le réglage (LLA) est déclenché pour adapter la qualité vidéo à divers paramètres dynamiques des pairs (RAM, consommation d'énergie) et le système (disponibilité des blocs, débit). LLI et LLA sont évaluées sur les métriques de qualité de service (QoS) du SVC au niveau de la couche en utilisant des simulateurs Peersim et JSVM.

#### *a. Formulation de la solution*

- **Layer Level Initialization (LLI) :**

L'idée principale de LLI est de comparer les exigences de chaque couche du flux vidéo avec les ressources statiques locales d'un pair. La propriété subtile de LLI est qu'elle doit faire une décision sur le niveau de qualité sans avoir aucune information sur le débit et la dynamique du système. L'architecture du LLI est illustrée à la *figure 2.3*. Le module LLI évalue la ressource et exigence actuelle afin de les faire correspondre aux qualités réalisables. Ce module traite principalement statique paramètres tels que la résolution de l'écran, la bande passante, disponible sur le périphérique (processeur, RAM, autonomie de la batterie) et sur préférence (résolution d'affichage, fréquence d'images, niveau de PSNR). Une qualité initiale définie avec les paramètres de niveau de qualité de couche de base  $d_0$ ,  $t_0$ , et  $q_0$  est peuplée au début. Puis, l'évolutivité spatiale, scalabilité temporelle, débit, scalabilité de la qualité, complexité

## CHAPITRE 2 : ÉTAT DE L'ART DE VIDEO STREAMING ADAPTATIF

adaptation et distribution longueur de la vidéo durée de vie relative de la batterie les modules d'adaptation sélectionnent tous les niveaux de qualité compatibles basés sur la résolution de l'écran, la bande passante et l'alimentation du périphérique respectivement en considérant les limitations de préférence utilisateur. Toutes les combinaisons compatibles sont ajoutées en tant que candidats. Le final la décision est prise en sélectionnant l'ensemble de qualité filtré L (d, t, q) qui les valeurs des trois dimensions sont maximales. Le LLI décision définitive est de préférer les articles avec une valeur SNR plus élevée.

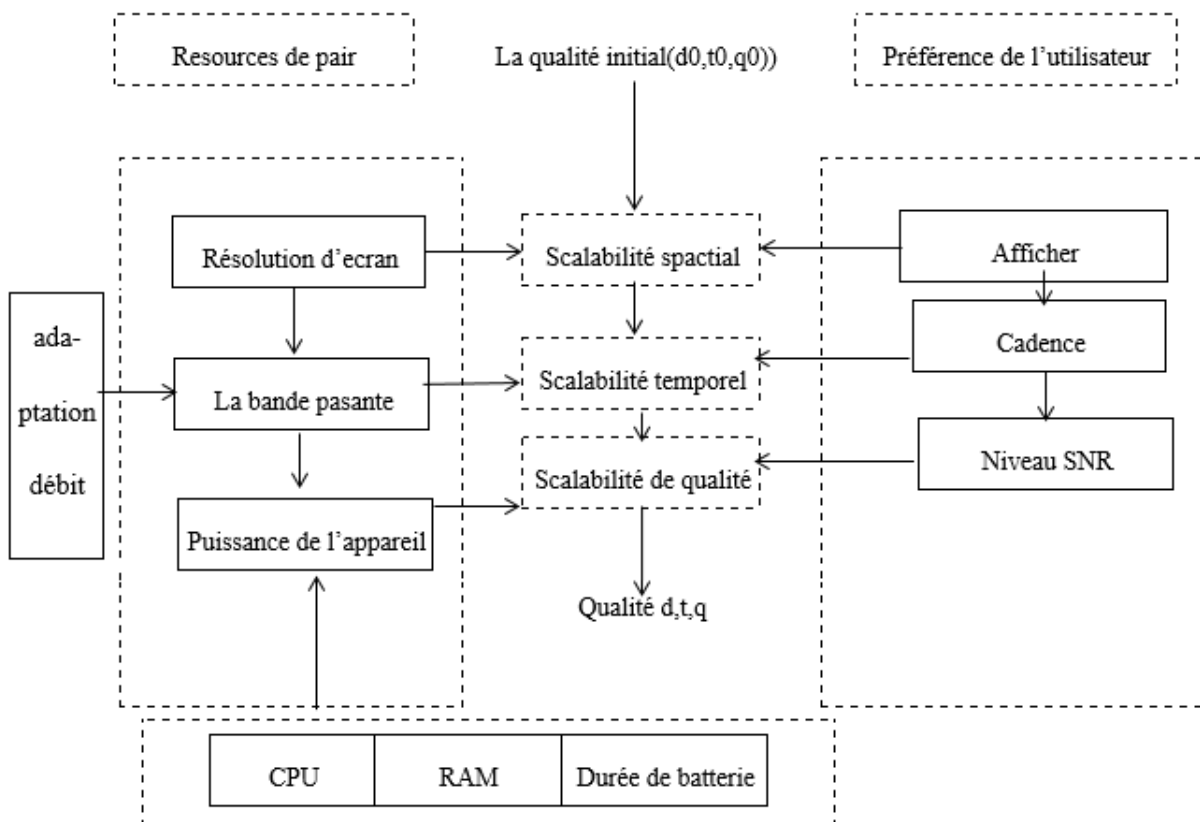


Figure 2.3 : Algorithme de LLI [30]

- **Layer Level Adjustment (LLA) :**

La structure de la LLA est illustrée à la figure 2.4. La LLA est exécutée périodiquement lors de la diffusion dans le cadre d'une boucle de contrôle pour assurer une adaptation en douceur. Ce module s'adapte aux changements des conditions du réseau afin de maximiser la qualité disponible au récepteur. Depuis la taille de l'écran de l'utilisateur ne change pas pendant

## CHAPITRE 2 : ÉTAT DE L'ART DE VIDEO STREAMING ADAPTATIF

la lecture de la vidéo, seulement temporelle, et les adaptations SNR sont gérées par le LLA parce que généralement la résolution d'affichage des pairs n'est pas modifiable. La couche spatiale ne sera pas modifiée par la LLA. La LLA utilise le temps réel information de l'état du réseau mesuré à travers le bloc disponibilité dans la taille du partenariat et le téléchargement actif débit. Il prend la couche SVC actuel adaptatif en entrée, puis l'ajuste en fonction des informations du réseau en temps réel.

Cette couche est traitée par les différentes étapes du LLA pour produire une nouvelle couche qui correspond aux conditions actuelles du réseau. Par conséquent, le LLA commence à partir du préfiltré de la sortie LLI paramètres de niveau de couche {d, t, q}. Les quatre étapes d'adaptation de LLA forment ensemble le processus de prise de décision. L'état du réseau, débit, complexité et adaptation au niveau PSNR les composants ajustent tous les niveaux de qualité compatibles en fonction du bloc la disponibilité, le débit et la puissance du périphérique (CPU, RAM, durée de vie de la batterie). Ici, l'indicateur de disponibilité de bloc fournit des informations sur les couches disponibles dans le P2P système.

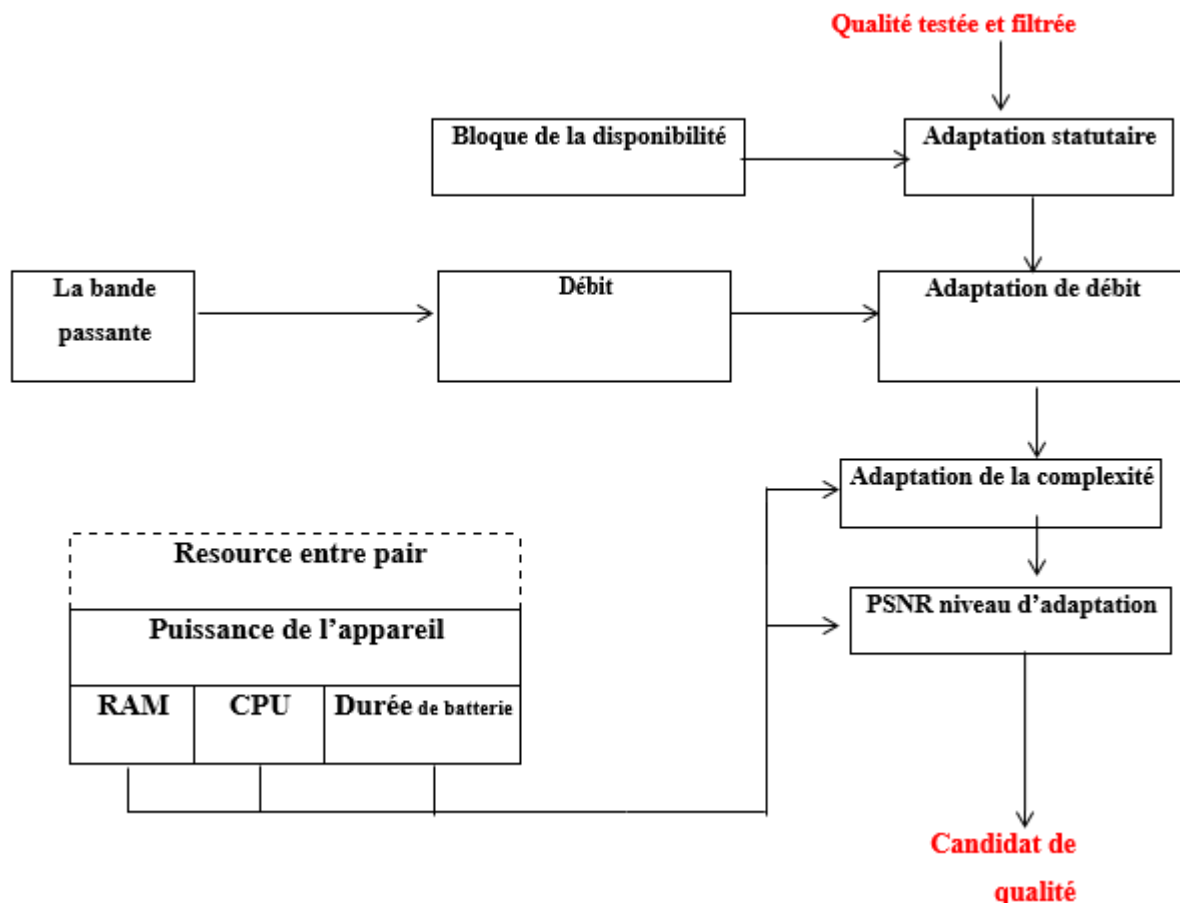


Figure 2.4 : Algorithme de LLA [30]

## CHAPITRE 2 : ÉTAT DE L'ART DE VIDEO STREAMING ADAPTATIF

---

### *b. les avantages de l'approche*

- Elle prend en compte toutes les ressources de l'utilisateur qui peuvent affecter la qualité d'expérience de ce dernier, ce que signifie que l'utilisateur peut recevoir les qualités en fonction des ressources disponibles
- Malgré la complexité de celle-là, mais elle est efficace concernant d'adapter la qualité en conservant les ressources de l'utilisateur (CPU, Batterie, résolution, RAM, etc.).
- Elle est évaluée sur les métriques de qualité de service (QoS).

### *c. les inconvénients de l'approche*

- Elle évalue la qualité de service seulement, bien que la QoS soit incluse dans la QoE, mais il est nécessaire d'évaluer la QoE en général.
- La solution n'est pas centralisée, elle est située au côté d'utilisateur seulement, ce que risque d'avoir d'autres problèmes issus de la décentralisation.
- La complexité est haute, due aux calculs dans chaque couche.

### **2.2.3 TCP et l'amélioration des services de vidéo streaming adaptatif basé utilisateur [5]**

Cette approche vise à améliorer la qualité d'expérience des utilisateurs de service de vidéo streaming adaptatif en utilisant les paramètres du protocole de transport TCP. L'idée est d'estimer une valeur de débit en fonction des paramètres du terminal de l'utilisateur et de son feedback en utilisant des formules d'apprentissage par renforcement. Les auteurs appliqueront ensuite cette valeur de débit en utilisant le paramétrage de TCP et le routage interne afin de recevoir une qualité de vidéo qui satisfait les utilisateurs. Cette approche a été validée par une émulation.

#### *a. Formulation de la solution*

Comme première étape de la solution, les auteurs récupèrent la valeur possible des différents paramètres du terminal de l'utilisateur. Dans cette approche ils se sont focalisés sur 3 paramètres qui sont : la **résolution de l'écran**, la **taille de l'écran** et la **batterie** disponible.

## CHAPITRE 2 : ÉTAT DE L'ART DE VIDEO STREAMING ADAPTATIF

---

- **Étape 1 :**

Cette étape sert à calculer un facteur global de l'utilisateur UF comme suit :

$$UF = FR + FB + FS$$

Où :

- **FR** → le facteur de résolution d'affichage. Par exemple, la résolution 720p a comme facteur 4.
- **FS** → le facteur de taille de l'écran.
- **FB** → le facteur de batterie disponible.

- **Étape 2 :**

Une fois le facteur utilisateur estimé, ils estiment l'étape le débit attribué à chaque facteur d'utilisateur UF une qualité de vidéo à recevoir.

Après l'attribution d'une qualité vidéo au facteur d'utilisateur, ils attribuent par la suite à cette qualité vidéo à un débit, cette valeur de débit sera utilisée pour limiter le flux vidéo de l'interface Internet.

Afin de donner une meilleure satisfaction à l'utilisateur, ils ont doté leur approche d'un mécanisme d'apprentissage par renforcement. Ce mécanisme permet de mettre à jour les valeurs de la qualité vidéo attribuées à chaque facteur d'utilisateur UF en fonction du feedback ou de la note donnée au service par l'utilisateur. Cette note est comprise entre 1 et 5, et elle représente le ressenti global de l'utilisateur ou le MOS (Mean Opinion Score) vis-à-vis du service après chaque visualisation, l'objectif est de caractériser cette phase d'adaptation par un processus décisionnel de type PDM (Processus de Décision de Markov).

- **Formulation du processus de décision de Markov :**

Un PDM est un ensemble composé de quatre éléments ( $S ; A ; P ; r$ ) qui intervient dans le processus d'apprentissage par renforcement. Ces composants sont  $S$ , l'ensemble des états du système,  $A$  un ensemble d'action,  $P(s)$  la probabilité de transition de l'état  $st$  à l'instant  $t$  vers l'état  $st+1$  à l'instant  $t+1$ , lorsqu'une action  $at$  est appliquée. La fonction de récompense  $r(s)$  indique le retour (positif ou négatif) immédiat lorsque l'action  $at$  est appliquée à l'état  $st$ . Au niveau de chaque état du système, un agent calcule le gain obtenu. L'objectif de cet agent



## CHAPITRE 2 : ÉTAT DE L'ART DE VIDEO STREAMING ADAPTATIF

---

est d'apprendre quelle action choisir pour un état  $st$  afin de maximiser la fonction de récompense cumulative.

- Les quatre composants de PDM sont :
  - Les états du système.
  - Les actions du système.
  - La transition des états.
  - La fonction de récompense.

Les auteurs relèvent PDM par l'algorithme du Q-Learning dans lequel l'acquisition des connaissances (les perspectives de gains et des transitions d'état de l'environnement) est obtenue par interaction avec l'environnement. Dans le Q-Learning, un Q-fonction est utilisé pour mesurer la qualité d'une combinaison (état-action), sur la base des gains perçus.

Considèrent  $Q^\pi(st, at)$ , l'état-action et la fonction de qualité de  $st$  à l'état final  $ST$  :

$$Q^\pi(S_t, a_t) = Q(S_t, a_t) + \alpha[r + \gamma \max Q(S_{t+1}, \hat{a}_t) - Q(S_t, a_t)]$$

Où  $\alpha \in [0 ; 1]$  et  $\gamma \in [0 ; 1]$  sont respectivement le taux d'apprentissage et le facteur de discount.

Pour toutes les transitions des états obtenus entres l'état  $s$  jusqu'à l'état  $S$ , ils calculent les récompenses prévues pendant l'exécution de l'action  $a$ . Ensuite, ils déduisent les récompenses optimales en sélectionnant l'action qui leur permet d'atteindre les récompenses les plus élevées. L'action sélectionnée est capturée par la politique optimale  $\pi^*$  qui devrait maximiser la fonction état-valeur sur un long terme. Par conséquent :

$$\pi^*(s) = \arg \max_a Q^*(S_t, a_t)$$

$$Q^*(S_t, a_t) = \max_\pi Q^\pi(S_t, a_t)$$

Les algorithmes suivants représentent l'approche généralement :

---

### Algorithme 1 : adaptation du taux

---

1- Initialisation

2- Tantque  $t \leq T$  faire

3- Pour tout  $st \in S$  faire

$$Q(S_t, a_t) \leftarrow Q(S_t, a_t) + \alpha[r + \gamma \max Q(a_{t+1}, \hat{a}_t) - Q(S_t, a_t)]$$

$$t \leftarrow t + 1$$

4- Dériver la politique optimale  $\pi^*$

---

---

### Algorithme 2 : adaptation de la bande passante

---

1- **Début**

2- tantque [*playing.video* = 1] faire // l'utilisateur est en train de regarder une vidéo.

3- {

4- Wait (300000) ;// Exécuter l'opération chaque 5 min.

5- Get (*TR*, *BC*, *SS*) ;// obtenir les paramètres du terminal.

6- // Calculer le facteur d'utilisateur

7- *UF* = *user\_factor* (*TR*, *BC*, *SS*, *Tab\_I* [], *Tab\_II* [], *Tab\_III* []);

8- // choisir la qualité vidéo qui va avec le facteur de l'utilisateur.

9- *VQ* = *chose\_quality* (*UF*, *Tab\_V* []);

10-// choisir la bande passante qui va avec la qualité vidéo.

11- *RB* = *chose\_bdw* (*VQ*, *Tab\_VI* []);

12- // définir *RB* comme bande passante maximale de l'interface de sortie de l'interface sans fil

13- Set (*RB*, *wlan0*);

14- }

15-// après la fin de la vidéo, l'utilisateur donne sont feedback.

16- Get (*user\_feedback*);

17- // Mise à jour des tableaux *V*, *VII* par rapport au feedback de l'utilisateur

18-// en utilisant les fonctions d'apprentissage par renforcement.

19- Update (*Tab\_V* [], *user\_feedback*);

20- Update (*Tab\_VI* [], *Tab\_VII* [], *user\_feedback*);

21- **Fin.**

---

#### **b. Les avantages de l'approche**

- Elle considère l'avis du client à propos du service et de la qualité de l'adaptation apportée.
- Elle utilise les paramètres de la résolution de l'écran et sa taille ainsi que le niveau de la batterie.
- Elle utilise l'apprentissage par renforcement pour améliorer l'adaptation, ce qui est bien surtout dans des choses incertaines.

### *c. Les inconvénients de l'approche*

- La solution n'est pas centralisée, elle est située au côté d'utilisateur seulement, ce que risque d'avoir d'autres problèmes issus de la décentralisation.
- Elle ne prend pas d'autres paramètres qui sont importants comme la RAM.
- Sa complexité est haute.

## 2.3 Étude comparative

D'après les différentes approches qui essaient Amélioration de la qualité d'expérience des services de vidéo streaming adaptatif dans une architecture MEC en se basant sur les paramètres du terminal final, on cite ces différences entre les trois approches :

- L'approche [5] prend en compte l'évaluation en utilisant les métriques de la QoE au contraire de l'approche dans [30] et DASH (QoS).
- Les approches DASH et [5] utilisent l'évaluation avec une émulation, l'approche dans [30] utilise la simulation.
- L'approche dans [5] utilise l'avis de l'utilisateur pour améliorer l'adaptation, ce qui n'est pas le cas dans DASH et [30].
- L'approche dans [30] utilise plusieurs paramètres par rapport aux autres, ce qui est un avantage pour sa faveur.

Chaque approche a ses avantages et ses inconvénients donc ça sera difficile de comparer entre eux, mais nous pouvons conclure quelques différences et relations en examinant ces 3 approches. Nous identifions un majeur problème, c'est qu'elles manquent le concept de la centralisation qui est très nécessaire aussi pour contrôler si ces attributions de qualité basée sur utilisateur peuvent causer une congestion ou non. Cependant, lorsque les clients partagent le même réseau il y aura une forte possibilité d'avoir une congestion due à une surcharge. Il y a donc un besoin d'être conscient des conditions réseau, parce que ce facteur est très délicat pour la QoE. Un autre problème trouvé, c'est que chaque approche se base sur certains paramètres, certains paramètres sont très importants spécialement les ressources des appareils (RAM, CPU), mais puisque ces paramètres sont variables, incertains et difficile à travailler avec eux. Donc, il est préférable d'utiliser des paramètres plus pertinents comme il est indiqué dans [5].

Le *tableau 2.1* contient une comparaison globale d'approches précédentes. La comparaison est basée sur cinq fonctionnalités : la première est les paramètres de l'utilisateur

## CHAPITRE 2 : ÉTAT DE L'ART DE VIDEO STREAMING ADAPTATIF

pour lesquelles l'approche est basée : batterie, résolution, etc., la seconde est si elles assistent le réseau cellulaire, la troisième est l'architecture : soit centralisée ou décentralisée, la quatrième est la base d'évaluation, et le cinquième est si elles font l'évaluation avec les métriques de la QoE ou QoS.

<b>Approche</b>	<b>Paramètres de l'utilisateur</b>	<b>Réseau cellulaire</b>	<b>Architecture</b>	<b>Evaluation</b>	<b>Métrique avec QoE/QoS</b>
[28]	Bande passante, CPU	Oui	Décentralisé	Émulation	QoS
[30]	CPU, Batterie, RAM, résolution, Affichage, Frame rate, Bande passante.	Oui	Décentralisé	Simulation	QoS
[5]	Résolution, La batterie, La taille de l'écran.	Oui	Décentralisé	Émulation	QoE

*Tableau 2.1 : Comparaison générale entre les approches*

### **2.4 Conclusion**

Tout au long de ce chapitre, on a pu donner une étude dans le cadre de notre travail. Pour cela, on a commencé par la présentation des trois approches liées à notre travail. Puis, on a décrit les avantages et les inconvénients de chacune. À la fin, une comparaison et une discussion sont faites qui peuvent conclure l'étude.

Après cela, le prochain chapitre est consacré à la conception d'une approche qui vise à régler le majeur problème et ses conséquences émergées dans la partie de la comparaison.

***CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN  
MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO  
STREAMING CENTRALISE***

# CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE

## 3.1 Introduction

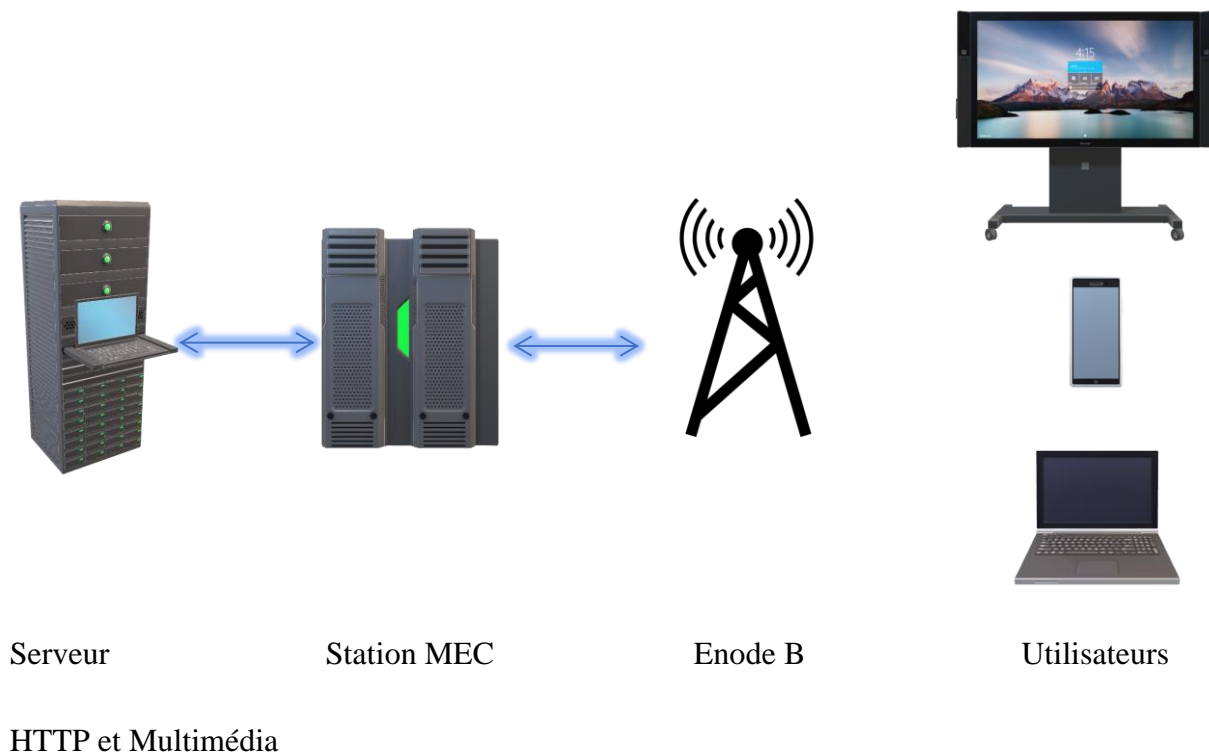
Dans ce chapitre, nous exposons notre solution qui vise à améliorer la qualité d'expérience dans les services de vidéo streaming adaptatif basé sur l'architecture MEC.

Ce chapitre contient que la formulation de la solution proposée, en montrant le principe de la solution, sa description, ses algorithmes et son organigramme.

## 3.2 Formulation de la solution proposée

### 3.2.1 Principe de la solution

Le principe de notre solution est de centraliser tous les calculs et les traitements au niveau de la station MEC avec un service de streaming vidéo de bout en bout (l'architecture de la solution est illustrée dans la *figure 3.1*). La station MEC doit pouvoir calculer le facteur de chaque utilisateur en se basant sur des paramètres pertinents des utilisateurs qui demandent la vidéo et aussi pouvoir contrôler en temps réel la congestion au niveau de l'encode B qui est le responsable de partage la connexion en fonction des facteurs utilisateurs et ajuster en conséquence ces facteurs qui servent à présenter certaines qualités de vidéo proposées à l'utilisateur. Alors, chaque utilisateur reçoit les qualités de vidéo selon son facteur.



*Figure 3.1 : Architecture de la solution*

## CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE

### 3.2.2 Description de la solution

La solution est composée de trois étapes :

- **Étape 1 :**

Cette étape sert à calculer un facteur-utilisateur basé sur les pondérations de certains paramètres envoyés par l'utilisateur en requête HTTP, il s'agit de la résolution de l'écran, la taille de l'écran et la batterie. Ce facteur représente une qualité de vidéo. Puis, faire un filtrage des qualités à un fichier MPD. Le fichier est dynamiquement envoyé à l'utilisateur durant toute la vidéo. Pour cela, on récupère le fichier de cette réponse HTTP et l'on filtre les qualités selon le facteur-utilisateur.

La raison d'utiliser le facteur-utilisateur est dans certains cas comme où la connexion à Internet est limitée, les utilisateurs préfèrent une qualité en matière de leurs terminaux pour qu'il puisse voir une vidéo sans coupure. Par exemple, lorsqu'il s'agit d'un smartphone de 7 pouces connecté à la 4G, le débit est très bon donc le client reçoit une qualité haute comme 4k, mais comme le client est sur un smartphone avec un petit écran et n'assiste même pas la 4k, la qualité convenable serait une qualité comme 480p et cela permet d'économiser principalement la RAM, la batterie et éviter le gaspillage de débit qui préserve à son tour le forfait Internet.

Le facteur-utilisateur est calculé comme suit :

$$FU = FR + FE + FB$$

Tel que :

- **FR** → le facteur de résolution d'affichage, calculé sur la base de la *table 3.1*.
- **FT** → le facteur de taille de l'écran, calculé sur la base de la *table 3.2*.
- **FB** → le facteur de batterie disponible, calculé sur la base de la *table 3.3*.



### CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE

Résolution de l'affichage (RT en pixels)	FR
$RT \leq 360$	0,5
$360 < RT \leq 480$	1
$480 < RT \leq 720$	1,5
$720 < RT$	2

*Tableau 3.1 : Valeur de FR*

Taille de l'écran (TE en pouces)	FT
$TE \leq 7$	0,5
$7 < TE \leq 13$	1
$13 < TE \leq 20$	1,5
$20 < TE$	2

*Tableau 3.2 : Valeur de FT*

Batterie disponible (BD en %)	FB
$BD \leq 25$	0,5
$25 < BD \leq 50$	1
$50 < BD \leq 75$	1,5
$75 < BD$	2

*Tableau 3.3 : Valeur de FB*

La *table 3.4* présente l'attribution de chaque facteur d'utilisateur à une qualité de vidéo, cette attribution est utilisée pour filtrer les qualités du fichier MPD.

### CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE

Facteur-utilisateur (FU)	Qualité de vidéo (en pixels)
FU = 1,5	360
1,5 < FU <= 3	480
3 < FU <= 4,5	720
4,5 < FU	1080

*Tableau 3.4 : L'attribution de qualité*

- **Étape 2 :**

Cette étape est faite pour assurer qu'il n'y aura pas une congestion, s'il y en a, les facteurs vont passer à ce contrôle de congestion qui diminue leurs valeurs de ceux qui sont déjà en train de regarder pour dégrader la qualité de vidéo, cette étape est faite avant le filtrage des qualités pour assurer son efficacité, elle se fait dans le cas où il y a une forte possibilité de congestion, sinon il autorise l'affectation.

La station MEC a une bande passante qui peut servir par la bande passante de l'énodé B (utilisé comme point d'accès pour les réseaux LTE aujourd'hui) par lequel ils se connectent les utilisateurs, ce qui nous donne l'occasion de contrôler la congestion par le trafic du vidéo streaming et par conséquent réduire les coupures de vidéo qui est très important pour améliorer la qualité d'expérience.

Elle sert à calculer un risque de congestion RC présentée comme suit :

$$RC = BPU/BPT$$

Tel que :

- **BPU** → est la somme des bandes passantes des qualités de tous les utilisateurs qui sont en train de regarder la vidéo, puisque chaque utilisateur a son propre facteur utilisateur qui est aussi représenté par une qualité de vidéo et cette dernière consomme une bande passante (voir *tableau 3.5*), donc on peut déduire BPU.
- **BPT** → est la bande passante totale que l'énodé B peut servir.

### CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE

On néglige d'autres facteurs (autres utilisations de la bande passante comme le téléchargement), on assume que cette bande passante est dédiée seulement à la fourniture de notre service de vidéo streaming.

Facteur-utilisateur (FU)	Bande passante Max (en kb/s)
$FU = 1,5$	960
$1,5 < FU \leq 3$	1280
$3 < FU \leq 4,5$	2560
$4,5 < FU$	5200

*Tableau 3.5 : L'attribution de qualité [31]*

La politique de RC est :

**Si  $RC \geq 1$**  : il y aura un fort risque de congestion ;

**Sinon** : il y aura un moyen à faible risque de congestion ;

Si l'on est dans le premier cas, s'il est possible, on va soustraire une valeur appelée  $V$  qui égale à 0,5 de tous les facteurs utilisateurs pour la raison de diminuer la BPU et donc le risque de congestion,  $V$  va incrémenter de la même valeur s'il y aura encore un fort risque congestion.

Si l'on est au deuxième cas, on valide l'attribution des facteurs.

À chaque début de processus, on réaffecte le facteur-utilisateur original à tous les utilisateurs. On fait cela pour assurer la réaffectation des facteurs-utilisateurs en cas où le risque de la congestion a été disparue donc les utilisateurs vont récupérer leurs qualités originales. Par la suite, les facteurs passent par la politique de RC, pour faire cela, il faut qu'on enregistre les facteurs-utilisateurs réels.

- **Étape 3 :**

La dernière étape sert à améliorer l'affectation des facteurs-utilisateurs pour satisfaire les clients et donc la qualité d'expérience. Les facteurs-utilisateurs sont calculés à la base

### **CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE**

incertaine, c'est pour cela, on utilise cette étape. Il est demandé à l'utilisateur d'évaluer son expérience en envoyant son feedback qui est une note d'un à cinq selon sa satisfaction, après un certain temps ajouté par l'administrateur, un processus calcule la moyenne de ces notes (MOS). Puis, l'agent de l'apprentissage par renforcement fait une action 'a' qui sert à ajouter une valeur appelée le facteur de MOS à le facteur d'utilisateur selon l'état 'a' de l'environnement qui est à son tour basé sur la moyenne MOS. Les récompenses sont négligées par ce que l'objectif peut atteindre seulement par les taches précédentes.

La moyenne de MOS est calculée comme suit :

$$MOS = \frac{S\_EVAL}{N}$$

Tel que :

- **S\_EVAL** : est la somme des évaluations.
- **N** : le nombre des utilisateurs qui ont fait l'évaluation.

Le facteur de MOS est initialisé à 0, et il sera calculé en basant sur les états présentés dans le *tableau 3.6*.

$$FM = FM + V$$

NOTE	V (actions)	ÉTATS
4,5 <= MOS	- 0,5	Risque qu'il y a une congestion
3 <= MOS < 4,5	/	Bon
MOS < 3	0,5	Mal

*Tableau 3.6 : La note moyenne d'opinion MOS*

La politique de l'apprentissage par renforcement :

Si l'état est « mal », donc l'agent rajoute 0,5 à FM pour améliorer (action), si l'état est « bon », donc l'agent ne fait rien on assume que l'affectation est bonne, si l'état est « Risque qu'il y a une congestion », donc il y a une exagération, on assume qu'il y a une congestion, donc l'agent diminue FM de 0,5. Le facteur-utilisateur sera calculé dorénavant comme suit :

## CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE

---

$$FU = FU + FM$$

### 3.2.3 Algorithme de la solution

Dans cette section, sois :

- **Req** : la requête lors les échanges HTTP.
- **Table[]** : c'est une table qui contient des lignes, chaque ligne correspond à un utilisateur, les champs de la ligne sont :

[ Adr\_mac , Fu , Fu\_m , T , Eval] , tel que :

- **Adr\_mac** : adresse mac de l'utilisateur.
- **Fu** : c'est le facteur-utilisateur réel.
- **Fu\_m** : c'est le facteur utilisateur modifié par la fonction de contrôle de congestion, il est le facteur utilisé pour filtrer le fichier MPD.
- **T** : c'est le temps enregistré lors des échanges de MPD pour la raison de vérifier si l'utilisateur est en train de regarder.
- **Eval** : évaluation envoyée par l'utilisateur.
- **Paramètres[]** : ce sont les paramètres de l'utilisateur :

[Résolution,Taille,Batterie] , tel que :

- **Résolution** : c'est la résolution de l'écran.
- **Taille** : c'est la taille de l'écran.
- **Batterie** : c'est le niveau de la batterie disponible.
- **MPD** : le fichier MPD.
- **RC** : le risque de la congestion.
- **PBU** : Bande passante consommée par les utilisateurs.
- **PBT** : Bande passante totale que l'enode B peut servir.
- **V** : Valeur de dégradation de FU.
- **T** : le temps.
- **FM** : le facteur de MOS.

## CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE

---

---

### Algorithme 1 : Algorithme AVSCU (adaptation de vidéo streaming centralisé basé utilisateur)

---

*Var Req, Table[], Paramètres[] : chaîne de caractère ;*

*MPD : fichier ;*

*Fu, Fu\_m, FM=0 : réel ;*

*Evaluation : entier ;*

**Début**

**Tant que (Vrai) faire** //mettre la station MEC en écoute

**Si(Trafic('requête')) alors**

*Req ← Trafic('requête') ; //obtenir la requête HTTP*

*Adr\_mac ← Obtenir\_adr\_mac\_source(req) ; //Obtenir l'adresse mac de ce qui envoie la requête*

**Si(Req.contien('paramètres')) alors**

*Paramètres[] ← Obtenir\_parameters(req,résolution,taille,batterie) ;*

*Fu ← Calculer\_fu(Paramètres[],FM) ;*

*Maj(Table[],Adr\_mac,Fu,Fu\_m,R) ;*

**Sinon Si (Req.contien('mpd')) alors**

*Table[] ← Contrôle\_congestion(Table[]) ;*

*MAJ(Table[],Adr\_mac,Obtenir\_temps()) ; //ajouter le temps à la ligne d'utilisateur*

*MPD ← Obtenir\_response(Req) ;*

*Fu\_m ← Obtenir\_fu\_m(Table[],Adr\_mac) ;*

## CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE

---

*MPD* ← MAJ(*MPD*,*Fu\_m*) ; // Filtrer les qualités de vidéo selon *fu\_m*

*Envoyer*(*MPD*,*Adr\_mac*) ;

***Sinon Si***(*req.contien('évaluation')*) ***alors***

*Evaluation* ← *Obtenir\_evaluation*(*Req*) ;

*MAJ*(*Table*[],*Adr\_mac*,*Evaluation*) ; //ajouter l'évaluation à la ligne d'utilisateur

***Fin Si*** ;

***Sinon Si*** (*Heure*()='00 :00')

*FM* ← *Facteur\_de\_MOS*(*FM*,*Table*[] ) ;

***Fin Si*** ;

***Fin Si*** ;

***Fin Faire*** ;

***Fin.***

---

---

### Algorithme 2 : Fonction de Contrôle de congestion

---

*Fonction* *Contrôle\_de\_congestion*(*Table*[] : *tableau de chaine de caractère* ) :*chaine de caractère* ;

*Var* *RC*, *PBT*, *PBU*, *V* =0,5 : *réel* ;

*N*=0 : *entier* ;

***Début***

*Actualiser\_Table*(*Table*[] ) ; // *Fu\_m*=*Fu* pour toutes les lignes de la table

*PBT* ← *Obtenir\_PBT*() ;

*N* ← *Calculer\_n*(*Table*[] ) ; // Le nombre de tous les utilisateurs qui sont en train de regarder la vidéo et connectés

### CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE

---

*PBU* ← Calculer\_PBU(Table[]); // PBU de tous les utilisateurs qui sont en train de regarder la vidéo et connectés

*RC* ← *PBU/PBT*;

**Tant que** (*RC* ≥ 1 et (*PBU/n*) > 1,5) **faire**

*MAJ*(Table[],*D*); // Sert à modifier *Fu\_m* pour que  $Fu_m = Fu - V$  de tous les utilisateurs qui sont en train de regarder la vidéo

*N* ← Calculer\_N(Table[]);

*PBU* ← Calculer\_PBU(Table[]);

*RC* ← *PBU/PBT*;

*V* ← *V* + 0,5;

**Fin faire** ;

*Contrôle\_de\_congestion* := Table[]; //Retourner table[]

**Fin.**

---

L'idée générale de l'algorithme de la solution (algorithme 1) est la suivante :

- On met la station MEC en écoute des requêtes :
  - Si la requête contient les paramètres d'utilisateur. Alors, on calcule le facteur d'utilisateur en fonction de ces paramètres dans un tableau qui contient tous les utilisateurs, cette opération est expliquée dans **l'étape 1**.
  - Si la requête contient une demande de fichier MPD, on lance la fonction de contrôle de congestion pour modifier les facteurs des utilisateurs pour qu'il n'y ait pas de congestion en préservant les facteurs originaux pour les rectifier, s'il n'y a pas. Donc, on filtre les qualités du fichier MPD et on l'envoie à l'utilisateur. Cette opération est expliquée dans **l'étape 2** et **l'étape 1**.
  - Si la requête contient une évaluation, on enregistre cette dernière dans le même tableau. Cette évaluation est exigée pour faire **l'étape 3**.
- La station MEC déclenche un mécanisme à une heure prédéfinie, il s'agit de :



### **CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE**

---

- La fonction de MOS, elle se fait si et seulement c'est l'heure est 00 :00. On justifie ce choix pour la raison de collecter les évaluations durant 24 heures. Cette opération est expliquée dans l'**étape 3**.

L'algorithme 1 de la solution est de la complexité  $O(n*m)$  dans les pires des cas, tel que  $n$  est le nombre d'itérations de la boucle tant que de l'algorithme 1 et  $m$  est le nombre d'itérations de la boucle de la boucle tant que de l'algorithme 2 (les autres opérations sont simples, sans boucles).

# CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE

## 3.2.4 Organigramme de la solution

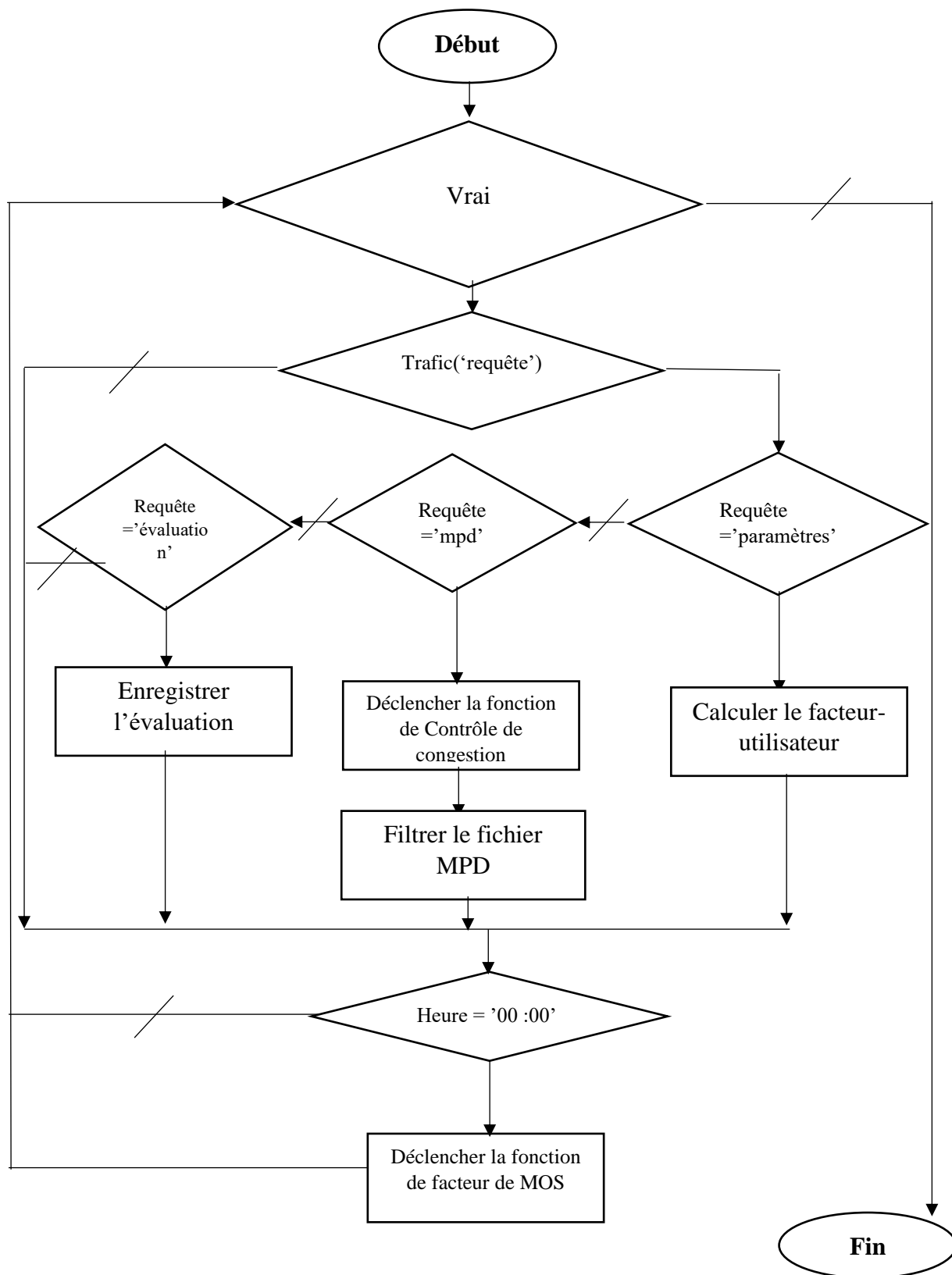


Figure 3.2 : Organigramme de la solution

## **CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN MECANISME D'ADAPTATION DE VIDEO STREAMING CENTRALISE**

---

### **3.3 Conclusion**

Dans ce chapitre, on a proposé une solution qui vise à améliorer la qualité d'expérience du vidéo streaming adaptatif dans une architecture MEC en prenant en compte la congestion, il reste que l'implémenter pour la tester et la valider.

Le chapitre suivant sera consacré à l'implémentation et l'évaluation de notre solution, et la tester par des scénarios pour montrer les points visés de la solution.

## ***CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION***

# CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION

---

## 4.1 Introduction

Ce chapitre a pour objectif d'implémenter, d'évaluer et de valider notre solution proposée.

Ce chapitre commence d'abord par décrire l'environnement d'émulation de notre solution, en montrant le système d'exploitation, le service de streaming utilisé et la topologie d'émulation. À la fin, il se termine par les différents scénarios de l'émulation de notre solution, en discutant les résultats de chacun.

## 4.2 Environnement de l'émulation

### 4.2.1 Système d'exploitation

L'implémentation et la validation de notre approche ont été réalisées dans un environnement Linux (Ubuntu). Celui-ci est un système d'exploitation basé sur la distribution Linux (noyau Linux), Ubuntu est donc une distribution GNU/Linux qui réunit stabilité et convivialité. Elle s'adresse aussi bien aux particuliers qu'à la professionnelle, débutante ou confirmé qui souhaitent disposer d'un système d'exploitation libre et sécurisé. « Ubuntu » est un ancien mot africain qui signifie « Humanité » et également « Je suis ce que je suis grâce à ce que nous sommes tous ». Il est la distribution la plus consultée sur Internet d'après le site Alexa. [32]

Ubuntu est un projet communautaire de création du système d'exploitation et d'un ensemble complet de programmes informatiques utilisant des logiciels libres et gratuits (c'est pour ça on a choisi Ubuntu).

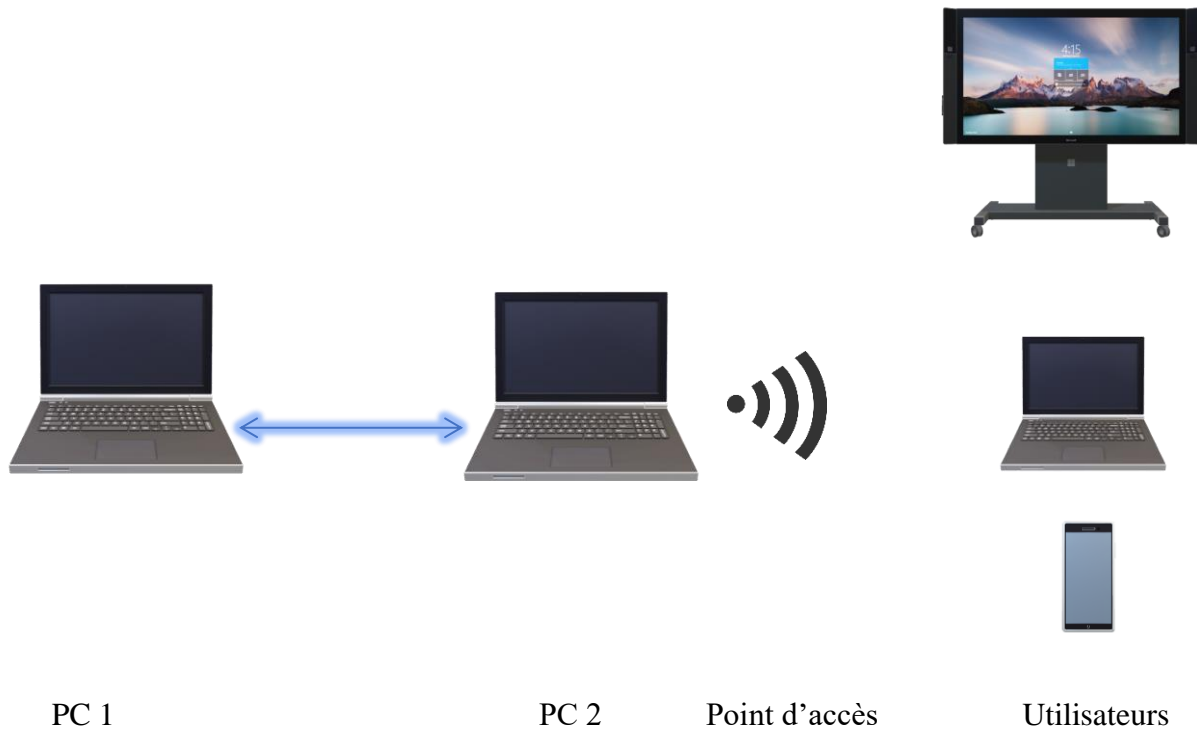
### 4.2.2 Service de streaming

Notre solution peut être implémenté dans n'importe quel service de vidéo streaming, elle n'interrompt pas ces services au contraire elle les améliore. Dans notre implémentation, on a opté pour le service de streaming DASH pour plusieurs raisons, parmi ces raisons, il est open source avec tous ces outils comme l'encodage de la source multimédia, il échange les données avec les requêtes et les réponses HTTP, et les autres avantages sont cités dans le chapitre 2.

# CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION

## 4.2.3 Topologie d'émulation

La figure suivante représente la topologie de l'émulation :



*Figure 4.1 : Topologie de l'émulation*

La topologie d'émulation composée de :

- **PC 1** : c'est un PC portable de la marque Lenovo ideapad 110, qui agit comme le serveur de la topologie de la solution, avec les caractéristiques suivantes :

<b>Processeur :</b>	Intel Celeron N3060 1.6 GHz
<b>Capacité de la RAM :</b>	2GO
<b>Capacité du disque dur :</b>	500 GO
<b>Type de système :</b>	64 bits

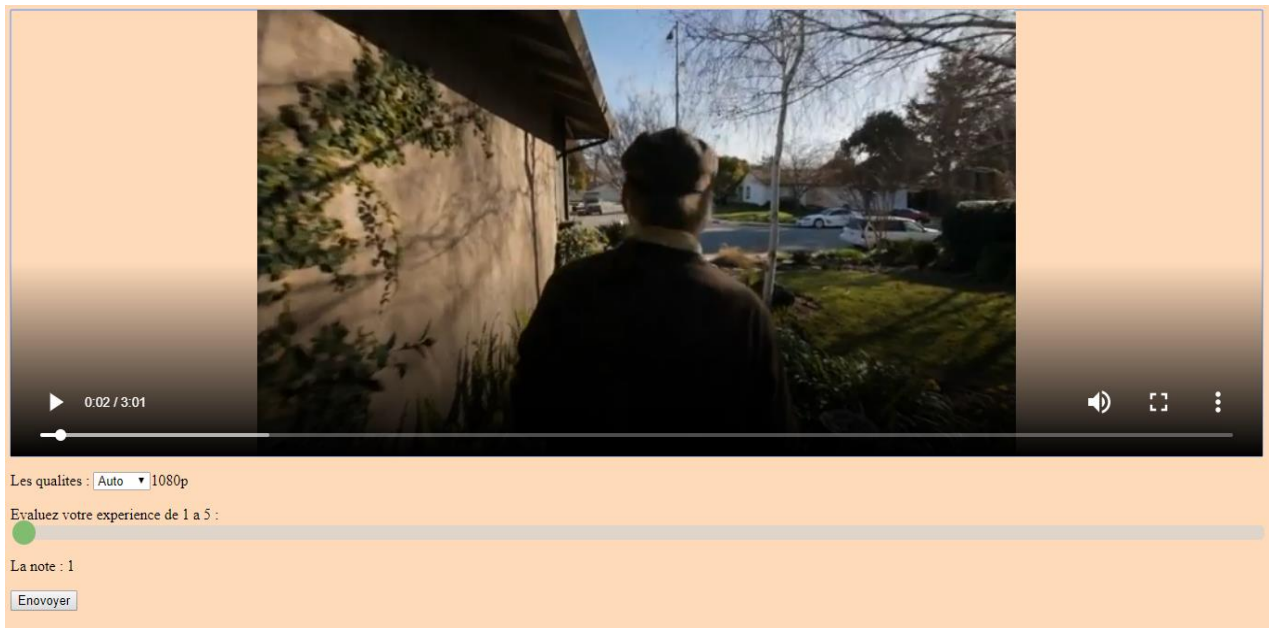
*Tableau 4.1 : Caractéristiques de PC1*

## CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION

En contenant :

- **Enp3s0** : c'est l'interface Ethernet qui relie le serveur avec la station MEC.
- **Un site Web** : hébergé par serveur apache [33], le site Web est une simple page qui affiche un lecteur DASH fournit par DASH.js [34], ce dernier est un lecteur de vidéo MPEG-DASH open source écrit en JavaScript. Son objectif est de fournir un lecteur robuste, interplateformes qui peuvent être réutilisées librement dans les applications qui requièrent une lecture vidéo. Il assure la lecture MPEG-DASH dans n'importe quel navigateur prenant en charge W3C Media Source Extensions (MSE).

L'utilisateur de ce site doit pouvoir regarder une vidéo, changer ses qualités, et évaluer l'expérience, la *figure 4.2* montre la page de ce site.



*Figure 4.2 : La page du site Web*

- **Serveur DASH [28]** : pour le but de fournir une vidéo à la demande à l'utilisateur, il contient un fichier MPD qui le représentant d'une vidéo avec 4 différentes qualités et un fichier audio :

(Qualité, Bande passante(kb/s)) :

(1080, 4200), (720, 2200), (480, 1060), (360, 600).

## CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION

(Bande passante d'audio (kb/s)) : (128).

Ils sont créés par :

- **FFMPEG [35]** : est utilisé pour encoder un fichier source vidéo en différentes qualités vidéo et un seul fichier audio.

```
sudo add-apt-repository ppa:mc3man/trusty-media  
  
sudo apt-get update  
  
sudo apt-get install ffmpeg gstreamer0.10-ffmpeg  
  
which ffmpeg /usr/bin/ffmpeg
```

- **MP4Box-GPAC [36]** : consiste à diviser les fichiers encodés en petits segments et à créer un fichier manifeste (MPD) afin de relier les fichiers segmentés.

```
sudo apt-get install gpac  
  
which MP4Box /usr/bin/MP4Box
```

- **PC 2** : c'est un pc de la marque DELL inspiron 15, il agit comme la station MEC et l'encodeur B (point d'accès) de la topologie de la solution, avec les caractéristiques suivantes :

<b>Processeur :</b>	Intel Core i5-3337U 1.8 GHz.
<b>Capacité de la RAM :</b>	6 GO.
<b>Capacité du disque dur :</b>	500 GO.
<b>Type de système :</b>	64 bits.

*Tableau 4.2 : Caractéristiques de PC2*

En contenant :

- **Enp2s0f0** : c'est l'interface Ethernet relie la station MEC avec le serveur.



## CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION

- **Wlp8s0** : c'est une interface sans fil qui représente l'enode B pour accéder par les clients.
- **WonderShaper [37]** : est un outil disponible pour les ordinateurs basés sur Linux. Il permet de façonner facilement la bande passante disponible sur une interface à une valeur définie.

On a utilisé cet outil pour atteindre les caractéristiques d'un réseau étendu.

On a utilisé la commande suivante :

```
Sudo wondershaper -a <network interface> -d <downspeed> -u <upspeed>
```

Les valeurs « downspeed » et « upspeed » représentent la bande passante disponible pour télécharger et envoyer en kbit.

- **MITMProxy [38]** : c'est un proxy interactif (homme au milieu) qui peut intercepter les requêtes et les réponses HTTP et HTTPS, et les modifier à la volée.

```
sudo apt install python3-pip  
sudo pip3 install -U pip  
sudo pip3 install mitmproxy
```

- **Cron [39]** : c'est le gestionnaire des tâches devant être exécutées à un moment précis. Chaque utilisateur a un fichier **crontab**, lui permettant d'indiquer les actions à effectuer régulièrement.
- **Les scripts** : Afin de réaliser notre solution on a choisi le langage python [40] comme un langage de programmation.

La solution est composée de 2 scripts.

Le scripte « scriptP.py » exécuté par MITMProxy, il sert à faire tout l'algorithme de la solution, appart la fonction de MOS qui est faite par le deuxième scripte « mos.py » à cause du MITMProxy qui fait que les interventions des requêtes et réponses HTTP, cette tâche est effectuée par cron en ajoutant cette ligne à le fichier crontab :

```
0 0 * * * /usr/bin/python mos.py
```

Cela veut dire que le script va être exécuté chaque jour à l'heure 00 :00.

## CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION

Le scripte « scriptP.py » fait les opérations suivantes :

- 1- Calcul du facteur utilisateur en intervenant les paramètres utilisateur lors la requête HTTP envoyant ces derniers.
- 2- Exécution de la fonction de contrôle de la congestion. Puis, filtrer les qualités de vidéo en modifiant le fichier MPD lors de la réponse HTTP de la requête HTTP demandant le fichier MPD.
- 3- Enregistrement de l'évaluation de l'utilisateur lors la requête HTTP envoyant ce dernier.

Le scripte « mos.py » fait que l'opération de calcul le facteur de MOS par l'apprentissage par renforcement.

- **Les utilisateurs :** on a considéré trois types de terminaux : un ordinateur portable et un smartphone. Les caractéristiques de chaque terminal sont mentionnées sur le tableau suivant.

Terminal	Taille de l'écran	Résolution maximale	Niveau de la batterie	Facteur-utilisateur
Smart TV	40 pouces	2160p	-	6
Ordinateur portable	12 pouces	1440p	-	5
Smartphone	5,2 pouces	1280p	100 %	4,5

*Tableau 4.3 : Les caractéristiques des terminaux*

### 4.3 Scénarios de l'émulation

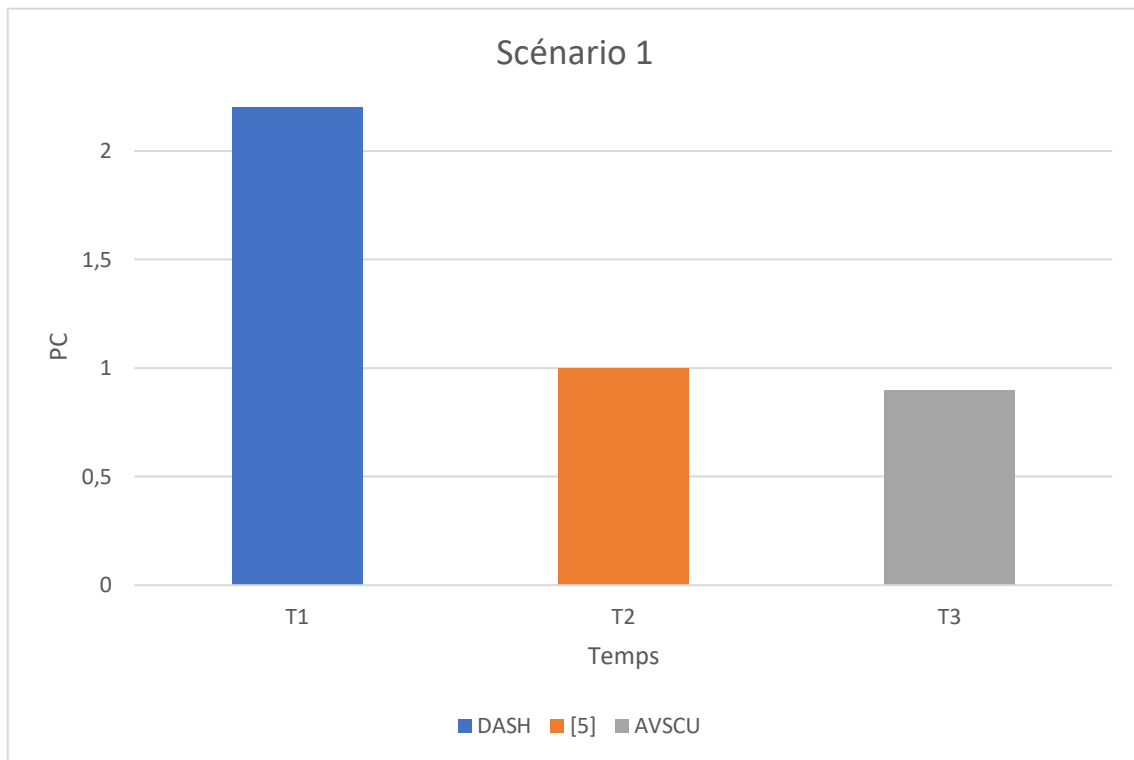
Dans le but d'évaluer notre solution et de prouver l'amélioration affectée par elle-même, on a choisi d'appliquer les scénarios suivants après l'installation de notre matériel :

#### 4.3.1 Scénario 1

Dans ce scénario, on démontre la différence entre la solution DASH, la solution dans [5] et notre solution AVSCU concernant le traitement de la congestion. Le scénario sert à lancer la vidéo par les trois terminaux et observer le risque de congestion dans les deux cas. Tout d'abord, dans le premier cas, on fixe le seuil de la bande passante de l'interface du point d'accès

## CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION

« Wlp8s0 » à 7000 kb/s (ça se fait par l'outil WonderShaper) pour produire une congestion. Ensuite, on exécute le scripte pour constater la différence. Après avoir fait ce scénario, on a obtenu les résultats suivants :



*Figure 4.3 : Résultats de scénario 1*

### *a. Discussion des résultats*

Dans T1, les trois terminaux reçoivent la qualité 1080p, cette dernière consomme 5200 kb/s. Donc, le risque de congestion sera :

$$RC = (5200+5200+5200) / 7000 = 2,2 \text{ (fort risque de congestion).}$$

Dans T2, les qualités attribuées par la solution de [5] sont 1080p, 480p et 360p pour la smart TV, l'ordinateur et le smartphone consécutivement, mais cela cause toujours une congestion, le risque sera :

$$RC = (5200+1280+960) / 7000 = 1 \text{ (fort risque de congestion).}$$

Dans T3, après l'exécution de notre solution, dans premier temps les facteurs sont 6, 5 et 4,5 qui représentent 1080p, 1080p et 720p pour la smart TV, l'ordinateur et le smartphone consécutivement, mais ces derniers causent toujours une congestion, dans ce cas l'approche

## **CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION**

---

mentionné dans [5] permet cette attribution en négligeant la congestion, mais ce n'est pas le cas avec notre solution qui déclenche la fonction du contrôle de congestion en diminuant les facteurs pour enlever la congestion, les nouveaux facteurs sont 4,5, 3,5 et 3 qui représentent 720p, 720p et 480p pour la smart TV, l'ordinateur et le smartphone consécutivement, le risque de congestion sera :

Avant le déclenchement de la fonction du contrôle de congestion :

$$RC = (5200+5200+2560) / 7000 = 1,8 \text{ (fort risque de congestion).}$$

Après le déclenchement de la fonction du contrôle de congestion :

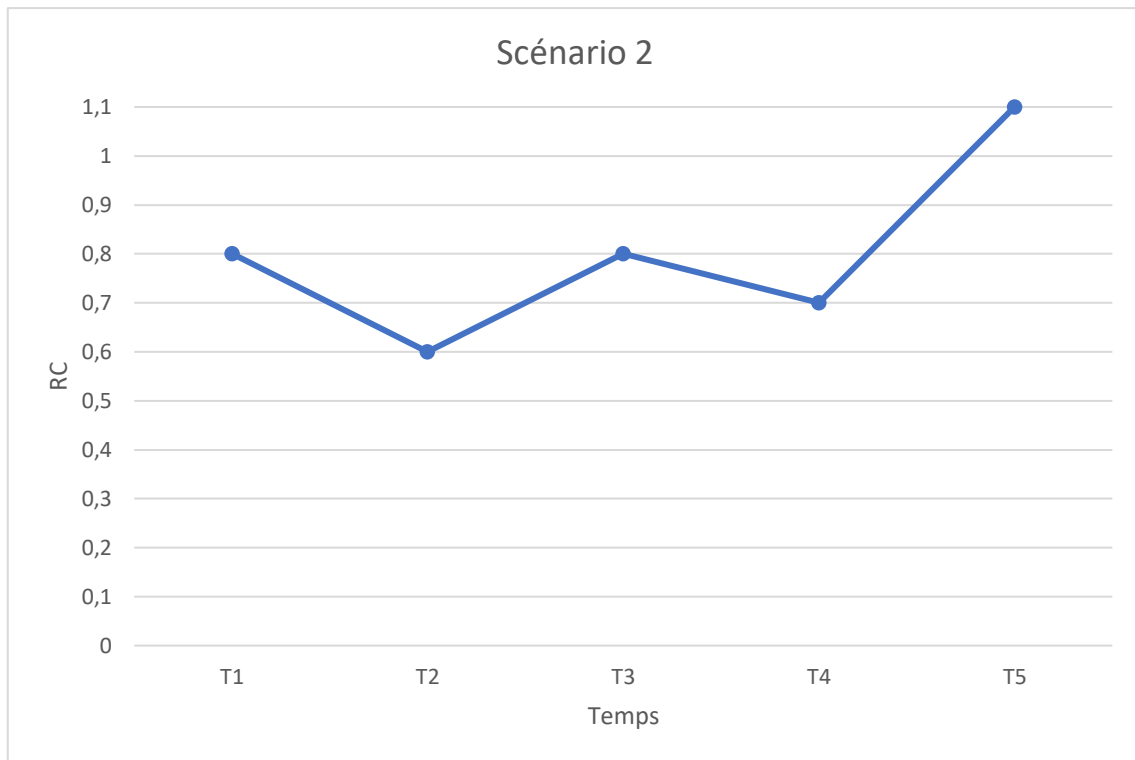
$$RC = (2560+2560+1280) / 7000 = 0,9 \text{ (faible risque de congestion).}$$

Ces résultats sont certainement en faveur de notre solution en comparant même avec les solutions de DASH et [5] qui n'ont pas aussi un mécanisme de contrôle de congestion (même chose avec la solution dans [30]), mais il reste de l'approuver avec d'autres critères que l'on va concentrer sur eux dans les prochains scénarios.

### **4.3.2 Scénario 2**

Dans ce scénario, on lance la vidéo dans les trois terminaux et ensuite on calcule le risque de congestion dans plusieurs reprises en modifiant le seuil de la bande passante de l'interface du point d'accès pour créer des congestions pour la raison de montrer l'efficacité de la solution concernant le contrôle de congestion, le teste est fait avec les deux terminaux en regardant la vidéo en même temps. Les résultats de ce scénario sont comme suit :

## CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION



*Figure 4.4 : Résultats de scénario 2*

T1 : seuil=15000 kb/s (pas d'interférence de la fonction de contrôle de congestion).

T2 : seuil=10000 kb/s (interférence de la fonction de contrôle de congestion).

T3 : seuil=7500 kb/s (interférence de la fonction de contrôle de congestion).

T4 : seuil=5000 kb/s (interférence de la fonction de contrôle de congestion).

T5 : seuil=2500 kb/s (interférence de la fonction de contrôle de congestion).

### *a. Discussion des résultats*

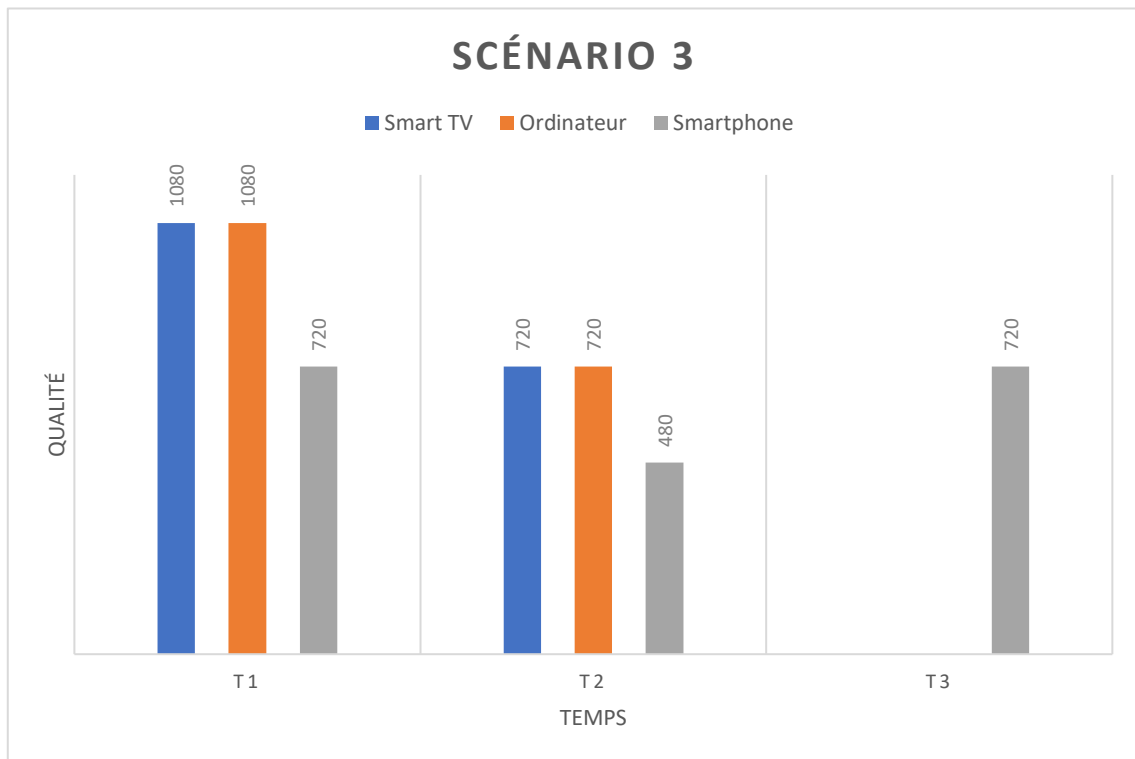
À partir de ce graphe, on remarque que dans la plupart des temps, la solution a pu contrôler la congestion, mais il y a un seul échec qui s'est produit dans T5, dans ce cas la fonction du contrôle de congestion ne peut pas éliminer ce fort risque de congestion parce qu'elle a affecté 360p comme qualité aux trois terminaux et qu'on ne peut pas filtrer cette qualité. Cependant, si on le fait les terminaux ne reçoivent pas la vidéo. Donc, il est inévitable d'éliminer ce fort risque de congestion dans ce cas-là.

On prend comme conclusion que la solution contrôle la congestion efficacement même si le seuil diminue. Quand même, il reste un cas inévitable.

## CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION

### 4.3.3 Scénario 3

Dans ce scénario, on aperçoit les qualités reçues en temps réel lors de l'exécution de notre solution, pour ce scénario on utilise les trois terminaux avec des tests à 3 périodes en regardant la vidéo, dans les 3 périodes, on modifie le seuil de la bande passante de l'interface du point d'accès, en essayant de créer de différentes possibilités de congestion pour avoir l'impact de la solution. Les résultats de ce scénario sont les suivants :



*Figure 4.5 : Résultats de scénario 3*

T1 : seuil=15000 kb/s (pas d'interférence de la fonction de contrôle de congestion).

T2 : seuil=10000 kb/s (interférence de la fonction de contrôle de congestion).

T3 : seuil=10000 kb/s, déconnexions de la smart TV et l'ordinateur (pas d'interférence de la fonction de contrôle de congestion).

#### *a. Discussion des résultats*

Dans T1, on n'a pas fait une congestion, les qualités reçues sont en fonction des facteurs-utilisateurs qui sont calculés à partir les paramètres de l'utilisateur.

## **CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION**

---

Dans T2, on a créé une congestion ce qui signifie que la fonction du contrôle de la congestion diminue les facteurs et donc les qualités.

Dans T3, le smart TV et l'ordinateur se déconnectent ce qui permet à la fonction du contrôle de congestion de réaffecte la qualité à le smartphone dont ce cas le fort risque de congestion disparaître grâce à la déconnexion de l'ordinateur.

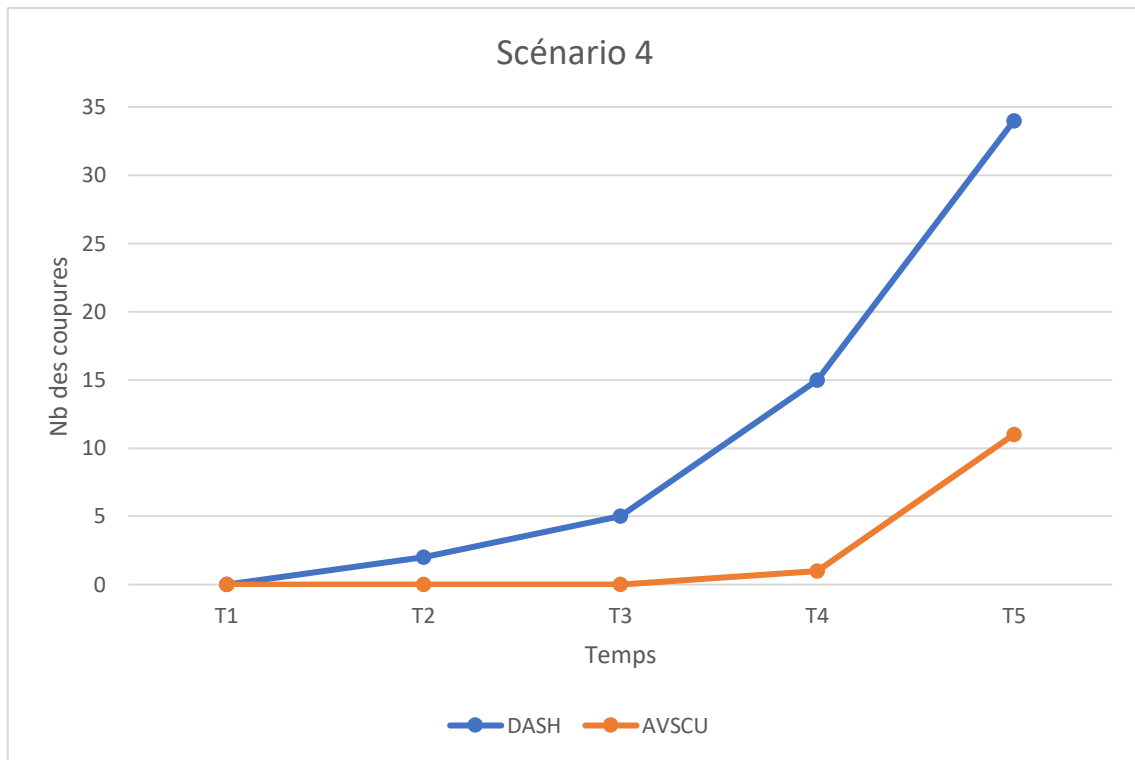
À partir de ce graphe, on s'en sort avec des conclusions importantes. La solution proposée change les qualités dynamiquement et en temps réel en fonction de la congestion, dans les deux cas de le risque de congestion, cela a deux indices, le premier c'est que la solution contrôle la congestion en temps réel ce qui permet d'assurer de préserver la bande passante pour que les utilisateurs ne puissent pas avoir des coupures et d'autres problèmes dus à la congestion, le deuxième que les utilisateurs reçoivent les qualités en temps réel aussi et ils n'ont pas besoin d'une autre tentative pour voir les changements, cela est un avantage très important pour notre solution.

### **4.3.4 Scénario 4**

Dans ce scénario, on calcule le nombre des coupures en changeant le seuil de la bande passante de l'interface en 5 temps différents. On fait le test en deux étapes, la première avec notre solution AVSCU et DASH. Puis, les clients sont demandés à regarder la vidéo avec le terminal ordinateur avec l'option de choisir entre les qualités disponibles. On lance la vidéo et l'on collecte les résultats chaque fin de session, le total des coupures est donc calculé dans T5.

Avec la réalisation de teste on a obtenu les résultats suivants :

## CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION



*Figure 4.6 : Résultats de scénario 4*

Sans scripte :

T1 : seuil=10000 kb/s.

T2 : seuil=5000 kb/s.

T3 : seuil=2500 kb/s.

T4 : seuil=1500 kb/s.

T5 : seuil=500 kb/s.

Avec scripte :

T1 : seuil=10000 kb/s (pas d'interférence de la fonction de contrôle de congestion).

T2 : seuil=5000 kb/s (interférence de la fonction de contrôle de congestion).

T3 : seuil=2500 kb/s (interférence de la fonction de contrôle de congestion).

T4 : seuil=1500 kb/s (interférence de la fonction de contrôle de congestion).

T5 : seuil=500 kb/s (interférence de la fonction de contrôle de congestion).



## CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION

---

### *a. Discussion des résultats*

Du ce graphe, on remarque que dans le test avec DASH, dès T2 le nombre de coupures est très élevé qui arrive à 34 coupures dans T5 au total.

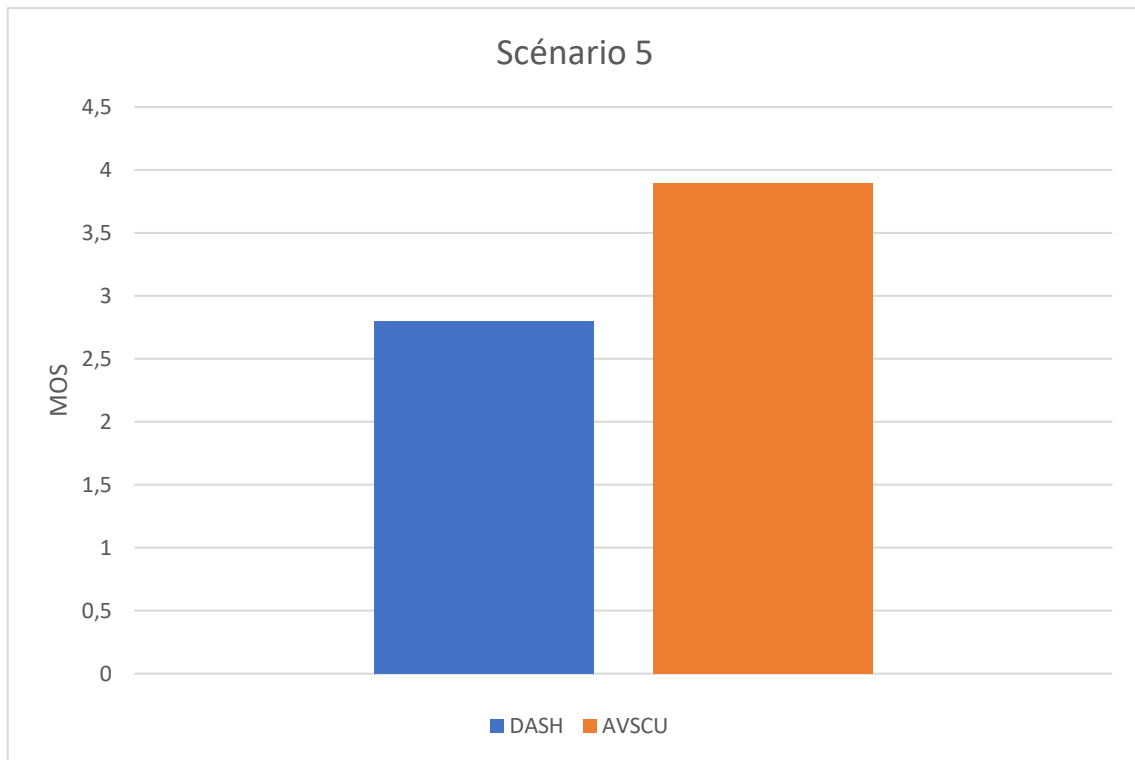
Dans le test avec notre solution, on remarque que le nombre des coupures est égal toujours zéro jusqu'au T4 où l'on a obtenu qu'une seule coupure, mais dans T5 (12 coupures au totale) le seuil est à 500kb/s dans ce cas-là notre solution ne peut pas filtrer la dernière qualité disponible (360p) qui consomme 960 kb/s, donc c'est impossible d'éviter les coupures.

Dans le test avec DASH, à mesure que le seuil diminue, la surcharge sur le réseau augmente, donc l'utilisation de la bande passante devient insuffisante pour répondre aux besoins des clients, l'ordinateur a comme qualité 1080p qui consomme environ 5200 kb/s donc dès T2 il se produit une congestion sur le réseau, et cela va s'élever à chaque demande des clients.

Mais dans le cas du test avec notre solution à chaque fois que le risque de congestion surmonte une certaine valeur, l'algorithme diminue les qualités du vidéo pour que le risque se diminue et la vidéo marche sans coupure.

### **4.3.5 Scénario 5**

Dans ce scénario, on propose d'étudier les résultats de perception utilisateurs sur une vidéo encodée en différentes qualités, on amène 15 clients en leur demandant de regarder la vidéo avec leurs terminaux en deux temps, l'un avec DASH et l'autre avec AVSCU. Puis, évaluer leurs expériences. À la fin, on calcule la note MOS attribuée. On a obtenu les résultats suivants :



*Figure 4.7 : Résultats de scénario 5*

### *a. Discussion des résultats*

À partir de ce graphe, on remarque que la moyenne donnée par les clients dans le premier test (DASH) est 2.8 qui représente la deuxième valeur de MOS (pauvre) et la moyenne donnée dans le deuxième test (notre algorithme AVSCU) est 3.9 qui est égale presque à la quatrième note de MOS (bien). Donc, les résultats du test avec notre solution sont mieux que les résultats de tests avec DASH et dans ce cas DASH n'est pas obligé d'améliorer le calcul du facteur-utilisateur.

On prend comme conclusion que la plupart des utilisateurs ne s'intéressent pas à la qualité du vidéo, comme il est important pour eux que la vidéo ne se coupe pas et que la qualité convient la batterie et d'autres paramètres.

## 4.4 Conclusion

Dans ce chapitre, on a pu implémenter notre solution qui vise à l'amélioration de la qualité d'expérience des services de vidéo streaming adaptatif dans une architecture MEC.

## **CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET ÉVALUATION**

---

Cette solution a été testée dans un environnement de streaming vidéo adaptatif. Elle a été validée par l'émulation, les résultats ont démontré l'efficacité de notre solution par rapport aux solutions existantes.

# *CONCLUSION GÉNÉRALE*

L'objectif de ce travail était d'améliorer de la qualité d'expérience des services de vidéo streaming adaptatif dans une architecture MEC basé sur le terminal final en contrôlant la congestion.

L'idée de la solution proposée est d'améliorer la qualité d'expérience d'un service de vidéo streaming en se basant sur les paramètres des utilisateurs et en contrôlant la congestion de l'encodeur B au niveau de la station MEC avec un mécanisme d'apprentissage pour améliorer la phase de calcul du facteur-utilisateur. La solution proposée a été implémentée par une émulation et testée dans différents scénarios avec différentes conditions. Les résultats ont montré l'efficacité de notre solution ce qui signifie l'atteinte de buts visés. Les résultats obtenus ont été comparés avec d'autres approches sous les mêmes conditions.

Pour y parvenir, on est passé par quatre étapes essentielles. Il était nécessaire dans un premier temps de mentionner et définir les notions de base afin d'enrichir les connaissances pour nous bien aider à mener le travail et à comprendre le domaine de notre travail en élevant toute ambiguïté.

Dans l'état de l'art, on a cité, critiqué et comparé des travaux existants liés à notre travail demandé, cette phase nous a permis de trouver ce qui manque dans ces travaux.

Dans le chapitre de la conception, on a proposé une solution qui vise à régler le manque trouvé dans le chapitre précédent et le problème issu de lui-même.

Le dernier chapitre a été consacré à l'implémentation et l'évaluation de notre solution.

Pour conclure, on estime avoir atteint le but fixé et l'on assume que notre approche a répondu à nos prévisions. Néanmoins, l'adaptation avec l'absence des quelques paramètres telle que de la qualité de service est insuffisante. Il est recommandé de prendre en compte les paramètres de réseau comme la perte de paquet, délai et gigue pour une meilleure solution. Il est recommandé aussi d'appliquer cette solution sur des cas réels dans un service de vidéo streaming réel.

# ***BIBLIOGRAPHIE***

- [1] BELABDELLI, Abdelheq, and Mokhtar OUKAZ. *Dimensionnement D'un Réseau Sans Fil Wifi*. Diss. 2012.
- [2] Amina, Boudjaadar. "Plateforme basée Agents pour l'aide à la conception et la simulation des réseaux de capteurs sans fil." (2010).
- [3] Sharma, Pankaj. "Evolution of mobile wireless communication networks-1G to 5G as well as future prospective of next generation communication network." *International Journal of Computer Science and Mobile Computing* 2.8 (2013): 47-53.
- [4] Index, Cisco Visual Networking. "Forecast and methodology, 2014-2019 white paper." *Retrieved 23rd September* (2015).
- [5] Y Douga . "Amélioration de la performance de TCP dans les réseaux mobiles ad hoc", thèse de doctorat, Novembre 2016.
- [6] Allman, Mark, Vern Paxson, and Ethan Blanton. *TCP congestion control*. No. RFC 5681. 2009.
- [7] Biernacki, Arkadiusz, and Kurt Tutschku. "Performance of HTTP video streaming under different network conditions." *Multimedia Tools and Applications* 72.2 (2014): 1143-1166.
- [8] Floyd, Sally, et al. "Equation-based congestion control for unicast applications." *ACM SIGCOMM Computer Communication Review* 30.4 (2000): 43-56.
- [9] Hisamatsu, Hiroyuki, Go Hasegawa, and Masayuki Murata. "Network Friendly Transmission Control for Progressive Download over TCP." *JCM* 7.3 (2012): 213-221.
- [10] Schulzrinne, Henning, et al. *RTP: A transport protocol for real-time applications*. No. RFC 3550. 2003.
- [11] Schulzrinne, Henning, Anup Rao, and Robert Lanphier. *Real time streaming protocol (RTSP)*. No. RFC 2326. 1998.
- [12] Luebben, Ralf, et al. "Fast rerouting for ip multicast in managed iptv networks." *2009 17th International Workshop on Quality of Service*. IEEE, 2009.
- [13] Ameer, Chiheb Ben, Emmanuel Mory, and Bernard Cousin. "Evaluation of gateway-based shaping methods for HTTP adaptive streaming." *2015 IEEE International Conference on Communication Workshop (ICCW)*. IEEE, 2015.

- [14] Seufert, Michael, et al. "A survey on quality of experience of HTTP adaptive streaming." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 17.1 (2015): 469-492.
- [15] [https://en.wikipedia.org/wiki/Quality\\_of\\_experience](https://en.wikipedia.org/wiki/Quality_of_experience), consulté mars 2019.
- [16] [https://en.wikipedia.org/wiki/Quality\\_of\\_service](https://en.wikipedia.org/wiki/Quality_of_service), consulté mars 2019.
- [17] Joskowicz, Jose, and Rafael Sotelo. "A model for video quality assessment considering packet loss for broadcast digital television coded in H. 264." *International Journal of Digital Multimedia Broadcasting* 2014 (2014).
- [18] Zhang, Dengyin, Yangyang Xu, and Chunling Cheng. "A QoE assessment system in distance education." *Engineering* 3.01 (2011): 90.
- [19] Ghani, Rana Fareed, and Amal Sufiuh Ajrash. "Quality of Experience Metric of Streaming Video: A survey." *Iraqi Journal of Science* 59.3B (2018): 1531-1537.
- [20] de Souza, Lamartine V., et al. "Triple play service under the impact of nonstationary noise in a DSL system: an Amazon approach." *Broadband Access Communication Technologies II*. Vol. 6776. International Society for Optics and Photonics, 2007.
- [21] Hu, Yun Chao, et al. "Mobile edge computing—A key technology towards 5G." *ETSI white paper* 11.11 (2015): 1-16.
- [22] Pastor, Jonathan. *Contributions à la mise en place d'une infrastructure de Cloud Computing à large échelle*. Diss. École des Mines de Nantes, 2016.
- [23] Tom, H., et al. "Fog Computing: Focusing on Mobile Users at the Edge." *CoRR abs/1502.01815* (2015).
- [24] Satyanarayanan, Mahadev, et al. "Cloudlets: at the leading edge of mobile-cloud convergence." *6th International Conference on Mobile Computing, Applications and Services*. IEEE, 2014.
- [25] Vaquero, Luis M., and Luis Roderó-Merino. "Finding your way in the fog: Towards a comprehensive definition of fog computing." *ACM SIGCOMM Computer Communication Review* 44.5 (2014): 27-32.
- [26] Li, Hongxing, et al. "Mobile edge computing: Progress and challenges." *2016 4th IEEE international conference on mobile cloud computing, services, and engineering (MobileCloud)*. IEEE, 2016.

- [27] Bachiri, Ilyess. "Résolution des problèmes d'optimisation combinatoire avec une stratégie de retour-arrière basée sur l'apprentissage par renforcement." (2015).
- [28] DASH Industry Forum. For Promotion of MPEG-DASH 2013. Available : <http://dashif.org>.
- [29] TECHNOLOGY, I. Dynamic adaptive streaming over http (dash)-part 1: Media presentation description and segment formats. In ISO/IEC 23009-1:2012 (2012).
- [30] Lahbabi, Youssef, and Ahmed Hammouch. "Quality adaptation using scalable video coding (SVC) in peer-to-peer (P2P) video-on-demand (VoD) streaming." *2014 International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS)*. IEEE, 2014.
- [31] <http://noc.ucsc.edu/docs/Wi-Fi/bandwidth.html>, consulté mai 2019.
- [32] Chatty, S., Boulabiar, M. I., & Tissoires, B. (2011, May). L'évolution de Linux vers les nouvelles formes d'ordinateurs personnels. In SETIT 2011: 6th International Conference on the Sciences of Electronics, Technologies of Information and Telecommunications (pp. Article-N).
- [33] [www.httpd.apache.org/docs](http://www.httpd.apache.org/docs), consulté mai 2019.
- [34] <https://github.com/Dash-Industry-Forum/dash.js>, consulté mai 2019.
- [35] [www.ffmpeg.org](http://www.ffmpeg.org), consulté mai 2019.
- [36] [www.gpac.wp.imt.fr/mp4box](http://www.gpac.wp.imt.fr/mp4box), consulté mai 2019.
- [37] [www.https://documentation.online.net/fr/dedicatedserver/tutorials/network/configure-wondershaper](http://www.https://documentation.online.net/fr/dedicatedserver/tutorials/network/configure-wondershaper), consulté mai 2019.
- [38] <https://docs.mitmproxy.org/stable/tools-mitmproxy>, consulté mai 2019.
- [39] <https://doc.ubuntu-fr.org/cron>, consulté mai 2019.
- [40] [www.python.org/doc](http://www.python.org/doc), consulté mai 2019.