



Université ABBES LAGHROUR Khenchela
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Industriel
جامعة عباس لغرور خنشلة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة الصناعية



N° Série :

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

THEME

**Evaluation de la qualité de streaming
vidéo sans fil à l'aide d'un système
de logique floue**

*Réalisé par : - Chaima CHEKHAB
- Amina AZIZI*

Soutenu le 28 / 06 /2022 Devant le jury composé de :

Dr. Zaki Issam Khezzar

Président

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Dr. Farouk Boumehrez

Encadreur

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Dr. Malika Medjaldi

Examinatrice

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Promotion 2021/2022

REMERCIEMENTS

Ce travail a été proposé et dirigé par le professeur Boumehrez Farouk,

Avant tout, nos remerciements en premier lieu, à DIEU qui nous a donné la foi, le courage et la patience de parvenir à finir ce modeste travail

En second lieu, Nos remerciements vont, à notre promoteur de mémoire, Monsieur Boumehrez Farouk, maitresse conférence A qui nous a guidés avec ses orientations, ses conseils et ses critiques tout au long de ce travail de recherche

Nous tenons à remercier particulièrement nos parents ; nos succès demeurés loin le fruit de leurs longues années de sacrifices et de patience.

Nous adressons tous nos remerciements aux membres du jury :

❖ Dr. Khezzar Zaki Issam

❖ Dr. Medjaldi Malika

Pour leur rigueur scientifique, leur professionnalisme, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail en acceptant d'être membres de jury de notre mémoire.

Nos remerciements s'étendent également à tous, nos enseignants Du département génie industriel université Abbés Laghrou de kenchela pour leur gentillesse et leur disponibilité. Durant les années d'études

Enfin nous ne voudrions pas oublier de remercier toute personne qui Nous aide de loin ou de près à réaliser ce travail.



A nos chers parents. Pour leur
patience, leur amour, leur soutien et
leurs Encouragements A
l'ensemble des enseignants A nos
frères, A nos sœurs. A tous nos
collègues et amis.

Amina & Chaima



الملخص

أصبح نقل الفيديو عبر شبكات الكمبيوتر اللاسلكية شائعًا بشكل متزايد مع ظهور التطبيقات الجديدة وانتشار الشبكات اللاسلكية وموثوقيتها بشكل أكبر. تعد القدرة على تحديد جودة الفيديو المنقول باستخدام شبكة كمبيوتر لاسلكية أمرًا مهمًا في تحديد أداء الشبكة وتحسينها. تتطلب الطريقة تحليل الصور المكونة للفيديو من وجهة نظر الضوضاء والتشويه المرتبط بها بالإضافة إلى معلمات حركة المرور التي يمثلها تأخير الحزمة والارتعاش والخسارة. في هذه الدراسة، تم تطوير نظام معياري قائم على المنطق الضبابي لتحديد جودة نقل الفيديو عبر شبكة لاسلكية. شبكة الكمبيوتر. تم استخدام نسبة الإشارة إلى الضجيج، ومؤشر التشابه الهيكلي، ومعامل ضغط الفيديو لتمثيل جودة تجربة المستخدم (QoE). تم استخدام معدل فقدان الحزم والارتعاش لتمثيل جودة الخدمة (QoS) المتعلقة بالحركة. تم الحصول على قياس شامل لجودة الفيديو من خلال الجمع بين قيم QoS و QoE. أشارت الدراسة إلى أن مناهج المنطق الضبابي المطورة يمكن أن تحدد بدقة جودة الفيديو المرسل لاسلكيًا.

الكلمات الرئيسية: جودة الفيديو. المنطق الضبابي؛ جودة الخدمة؛ بث الفيديو؛ الشبكات اللاسلكية

Abstract

Video transmission over wireless computer networks is increasingly popular as new applications emerge and wireless networks become more widespread and reliable. An ability to quantify the quality of a video transmitted using a wireless computer network is important for determining network performance and its improvement. The process requires analyzing the images making up the video from the point of view of noise and associated distortion as well as traffic parameters represented by jitter and loss. In this study a modular fuzzy logic based system was developed to quantify the quality of video transmission over a wireless computer network. Peak signal to noise ratio, VMAF index and QP were used to represent the user's quality of experience (QoE) while jitter and percentage packet loss ratio were used to represent traffic related quality of service (QoS). An overall measure of the video quality was obtained by combining QoE and QoS values. The study indicated that the developed fuzzy logic approaches could accurately determine the quality of a wirelessly transmitted video.

Keywords: video quality; fuzzy logic; quality of service; video streaming; wireless networks

Résumé

La transmission vidéo sur les réseaux informatiques sans fil est de plus en plus populaire à mesure que de nouvelles applications émergent et que les réseaux sans fil deviennent plus répandus et plus fiables. La capacité à quantifier la qualité d'une vidéo transmise à l'aide d'un réseau informatique sans fil est importante pour déterminer les performances du réseau et son amélioration. Le procédé nécessite d'analyser les images composant la vidéo du point de vue du bruit et de la distorsion associée ainsi que paramètres de trafic représentés par la gigue et la perte. Dans cette étude, un système modulaire basé sur la logique floue a été développé pour quantifier la qualité de la transmission vidéo sur un réseau sans fil. Le PSNR, VMAF et QP ont été utilisés pour représenter la qualité d'expérience (QoE) de l'utilisateur, tandis que la gigue et le taux de perte de paquets a été utilisé pour représenter la qualité de service (QoS) liée au trafic. Une mesure globale de la qualité vidéo a été obtenue en combinant les valeurs QoE et QoS. L'étude a indiqué que les approches de logique floue développées pouvaient déterminer avec précision la qualité d'une vidéo transmise sans fil.

Mots clés : la qualité vidéo ; logique floue ; qualité de service ; streaming vidéo; réseaux sans fil

LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

A

- ACE** : Advanced Computing Environment.
ATM : Asynchronous Transfer Mode.
AMVP : Advanced Motion Vector Prediction.
AN-SNR : SNR anti-bruit.
AVC : Advanced Video Coding.

B

- B-frame** : Bidirectional predictive frame.

C

- CABAC** : Context Binary Arithmetic Coding.
CCITT : Comite Consultatif International de Telegraphique et Telephonique.
CIF : Common Intermediate Format.
CODEC : Codeur / décodeur.
CTU : Coding Tree Unit.
CU : Coding Units.

D

- DCT** : Discrète Sine Transforme.
DLM : Mesure de perte de détail.
DST : Discrete sine transform.
DVD : Digital video disk.

F

- FA** : Fonctions d'appartenance.
FCIF : Full Common Intermediate Format.
FFMPEG : Fast Forward Moving Pictures Expert Group
FPGA : Field programmable gate array.
FPS : Frames per Second.
Full HD : Haute definition.

G

- GOP** : Group of Picture.

H

- HDR** : High dynamic range.
- HEVC** : High Efficiency Video Coding.
- HTTP** : Hypertext Transfer Protocol.
- HyperLan** : High-Performance Radio Local Area Network.
- HyperMan**: High Performance Radio Metropolitan Area Network.

I

- IA** : Intelligence artificielle
- IEC** : The International Electrotechnical Commission.
- IEEE** : Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens.
- IGMP** : Internet Group Management Protocol.
- I-frame** : Intra Frame.
- IP** : Internet Protocol.
- ISO** : International Organization for Standardization.
- ITU** : The International Telecommunication Union.

J

- JVT** : Joint Video Team.
- JCT-VC** : Joint Collaborative Team on Video Coding.

L

- LAN** : Local Area Network.

M

- MAC** : Medium Access Control.
- MANET** : Mobile ad hoc networks.
- MATLAB** : Matrix laboratory
- MB** : Macro Blocks.
- MOS** : Score d'opinion moyen.
- MPEG** : Moving Picture Experts Group.
- MSE** : Erreur quadratique moyenne.
- MS-SSIM** : Similitude Structurale Multi-Echelles

N

- NTSC** : National Television Standards Committee.
- NSQT** : Transformation quad-tree non carrée.

O

OSI : Open System Interconnection.
OTT : Over-The-Top.

P

PAL : Phase Alternation Line.
PDV : Packet Delay Variation.
P_frame: Predicted frame
PLR : Taux de perte de paquets.
PSNR : Peak Signal to Noise Ratio.
PU : Prediction Units

Q

QCIF : Common Intermediate Format.
QoS : Quality of Service.
QoE : Qualité d'expérience
QP : Contrôlée par un paramètre de quantification.

R

Rar : Roshal ARchive
RGB : Red, Green, Blue.
RQT : Transformation quad-tree recursive.
RTCP : Real-time Transport Control Protocol.
RTP : Real Time Protocol.
RTSP : Real Time Streaming Protocol.
RVB : Rouge, vert, bleu.

S

SD : Secure Digital.
SDL : Simple DirectMedia Layer.
SIF : Source Intermediate Format.
SI : Information spatiale.
SQCIF : Sub Quarter Common Intermediate Format.
SSIM : Structural Similarity.
SVM : Machine à vecteurs de support.

T

- TB** : Transform Block.
- TCP** : Transfer Control Protocol.
- TI** : Information temporelle
- TV** : Television.

U

- UDP** : User Datagram Protocol.
- UHD** : Ultra High Definition.
- UIT** : Union International des Télécommunications.
- u** : Fonction d'appartenance.

V

- VCEG** : Video Coding Experts Group.
- VGA** : Video Graphics Array.
- VIF** : Fidélité des informations visuelles.
- VIFp** : Visual Information Fidelity, version domaine pixel,
- VLC** : Variable Length Coding.
- VMAF** : Video Multimethod Assessment Fusion.
- VoD** : Video on Demand.
- VQMT** : Video Quality Measurement Tool.

W

- WLAN** : Wireless Local Area Network.
- WMAN** : Wireless Métropolitain Area Network.
- WPAN** : Wireless Personal Area Network.
- WWAN** : Wireless wide area network.

Y

- YUV** : Luminance (Y), chrominance(U) et (V)

Z

- Zip** : Zone Information Protocol.

Liste des tableaux

Tableau I.1. Les Catégories de réseaux sans fil	4
Tableau I.2. La différence entre le streaming et le téléchargement	13
Tableau II.1. Les différents formats de la vidéo numérique	22
Tableau III.1. Comparaison entre les normes H.264 et H.265	36
Tableau III .2 Une comparaison des principales fonctionnalités entre HEVC et son prédécesseur	42
Tableau IV.1. Exemple d'opérateurs flous	54
Tableaux V.1. Représentation des vidéos utilisées dans la simulation	71
Tableau V.2. Les règles de la base de connaissances FIS1	77
Tableau V.3. Les règles de la base de connaissances FIS2	79
Tableau V.4. Les règles de la base de connaissances FIS3	81

LISTE DES FIGURES

Figure I.1. La modélisation d'un réseau mobile ad hoc	6
Figure I.2. Exemples d'applications MANET	7
Figure I.3. Le nœud caché	8
Figure I.4. Exemple de diffusion en Unicast	8
Figure I.5. Exemple de diffusion en Multicast	9
Figure I.6. Exemple de diffusion en Broadcast	9
Figure I.7. Le chemin utilisé dans le routage entre la source et la destination	10
Figure I.8. Techniques de streaming	12
Figure I.9. Architecture de streaming	13
Figure II.1 : Exemple d'une séquence d'image	19
Figure II.2: Les composantes RVB	20
Figure II.3 : L'espace colorimétrique YUV	20
Figure II.4 : Echantillonnage couleur	21
Figure II.5: Cadre vidéo échantillonné à différentes résolutions	22
Figure II.6 : Tailles des différents formats	23
Figure II.7 : Schéma illustre la compression des vidéos en cas générale	24
Figure II.8 : Redondance spatiale et temporelle dans la vidéo	25
Figure II.9: Codeur /Décodeur 26	26
Figure II.10 : Evolution des normes de codage vidéo de l'ITU-T et de l'ISO / IEC 27	
Comités	26
Figure II.11: Hiérarchie des données dans le flux vidéo	28
Figure II.12 : Structure d'un GOP	29
Figure II.13 : Chaîne de codage H.264/AVC	30
Figure II.16: Répartition d'une séquence vidéo de la norme H.264	31
Figure III.1 : Les étapes de normalisation HEV	35
Figure III.2: Structure de HEVC encodeur et décodeur	38
Figure III.3 : Structure de codage hybride HEVC	39
Figure III.4: Options de taille de départ luma CTU	40

Figure III.5 : Partitionnement d'une CTU luma en CU	41
Figure III.6: modes de partitionnement pour les PU	41
Figure III.7: partitionnement d'une CU en TU	42
Figure IV.1: Classification des personnes par âge en trois sous-ensembles	51
Figure IV.2: Représentation graphique d'un ensemble classique et d'un ensemble flou	51
Figure IV.3: Fonctions d'appartenance d'un sous-ensemble flou et de d'un ensemble classique	52
Figure IV.4: Univers de discours normalisé uniforme de 3 ensembles	52
Figure. IV.5: Exemple de fonctions d'appartenance.	53
Figure IV.6: Structure générale d'un système basé sur la logique floue.	54
Figure V.1: Présentation de Ffmpeg	63
Figure V.2: Installation de VLC media player sur l'Unix ubuntu	64
Figure V.3 : Présentation de YUV player	65
Figure V.4 : Présentation de systèmes d'inférence floue	67
Figure V.5: interface de linux ubuntu 20.04	67
Figure V.6 : Extraits de quelques séquences vidéo	71
Figure V.7 : SI-TI des séquences vidéo.	72
Figure V.8: Système proposée	72
Figure V.9: Configuration du réseau	73
Figure V.9: PSNR en fonction de CRF pour les séquences vidéos	74
Figure V.10: VMAF en fonction de CRF pour les séquences vidéos	74
Figure V.11: PSNR et VMAF en fonction de CRF pour les séquences vidéos	75
Figure V.12 : Les étapes pour déterminer la qualité de la vidéo reçue	76
Figure V.13: fonction d'appartenances(FIS1) de sortie (QOE).	78
Figure V.14 : fonction d'appartenance des variables d'entrée (QP , PSNR ,VMAF)	78
Figure V.15: fonction d'apparence de sortie FIS1	79
Figure V.16 : Schéma de Mamdani sous matlab/Simulink représente les variable d'entrée (PLR% et Gigue) et la sortie (FIS2) .	79
Figure V.17 : fonction d'appartenance des variables d'entrée (PLR % , Gigue)	80
Figure V.18 : fonction d'appartenances(FIS2) de sortie (QOS).	80

Figure V.19 : Visionnage des surface pour le système d'inférence floue (FIS2) sous Matlab /Simulink .	81
Figure V.20: Schéma de Mamdani sous matlab/Simulink représente les variable d'entrée (FIS1 et FIS2) et la sortie (FIS3) .	82
Figure V.21 : Fonction d'appartenance des variables d'entréee (FIS1)	82
Figure V.22: Visionnage des surface pour le système d'inférence floue (FIS3) sous Matlab /Simulink	82

TABLE DES MATIERES

ملخص

Abstract

Résumé

Liste des Acronymes

Liste des tableaux et figures

Sommaire

Introduction Générale.....1

Chapitre I : Les Réseaux mobiles Ad hoc

Introduction	4
I.1. Concepts de base.....	4
I.1.1. Les réseaux sans fils	4
I.1.1.1. Définition.....	4
I.1.1.2 .Les catégories de réseaux sans fils.....	4
I.1.1.3. Architectures des réseaux sans fils	5
I.2. Les réseaux mobiles ad hoc	5
I.2.1. Définition	5
I.2.2. Les applications des réseaux mobiles ad hoc	6
I.2.3. Caractéristiques des réseaux mobiles ad hoc (MANETS).....	7
I.2.4. Modes de communication dans les réseaux mobiles Ad hoc:	8
I.2.5. Les avantages et inconvénients des réseaux mobiles ad hoc	9
I.3. Le routage dans les réseaux ad hoc :.....	10
I.3.1. Définition du routage	10
I.3.2. Les contraintes de routages dans les réseaux ad hoc :	10
I.4. Le streaming vidéo.....	11
I.4.1. Définition	11
I.4.2. Les protocoles de streaming.....	11
I.4.3. Les techniques de streaming vidéo	12
I.4.3.1. Comparaison entre le streaming et le téléchargement	12
I.4.4. L'architecture de streaming	13

I.5. La Qualité d'Expérience et La qualité de service	14
I.5.1. Définition de la qualité de service	14
I.5.2. Définition du qualité d'expérience	14
I.5.3. QoE et QoS dans le streaming vidéo	14
Conclusion	14
References bibliographiques.....	15

Chapitre II : Les normes de la Compression Vidéo

Introduction	19
II. 1. Principe de base des normes de compression vidéo	19
II.1.2 Formats des scènes vidéo.	19
II.1.2. Systèmes colorimétrique RGB et YUV	20
II.1.3. Sous-échantillonnage des composantes de chrominances	21
II.1.4. Formats vidéo numériques.....	21
II.1.5. Les standards de la compression vidéo.....	23
II.2. La compression vidéo	23
II.2. 1. Les différents types de la compression vidéo	24
II.2. Les Redondances vidéo	24
II.3.Les codec vidéo.....	25
II.4.Les normes de compression vidéo	26
II.4.1. Evolution des normes de compression vidéo	26
II.4.2 Les normes de l'ISO/IEC.....	27
II.4.3. Les normes de l'UIT-T	27
Conclusion.....	31
Références bibliographiques.....	32

Chapitre III : High Efficiency Video coding

Introduction	35
III.1. Définition de HEVC.....	35
III. 2. Comparaison entre les normes H.264 et H.265.....	36

III.3. Version et profil	36
III.4. Fonctionnement de l'encodeur HEVC	38
III.5. Flux de processus de conception H.265/HEVC.....	38
III .6. Structure de codage HEVC.....	39
III.6.1. Coding tree unit (CTU).....	40
III .6.2 Coding Units (CU).....	40
III.6.3Prediction Units(PU)	41
III.6.3 Transform Units(TU)	42
III .7. Comparaison des principales fonctionnalités entre HEVC et AVC.....	42
III.8. Prédiction	43
III .8.1. Intra Prédiction.....	43
III .8.2. Inter Prédiction	43
III.9. Transformation, Quantification, Codage	44
III. 9.1 Transformation et quantification	44
III.9.2 Codage entropique (CABAC).....	44
III.10. Application	44
Conclusion.....	45
Référence bibliographique	46

Chapitre IV : La Logique floue

Introduction	49
IV.1. Intelligence Artificielle.....	49
IV.2. La logique floue	49
IV.3. Historique	50
IV.4. Logique floue et logique classique.....	50
IV.5. Les concepts principaux de la logique floue.....	51
IV.5.1. les ensembles flous	51
IV.5.2. Univers de discours	52
IV.5.3. Les valeurs linguistiques	52
IV.5.4. Fonctions d'appartenance	53
IV.5.5. Opérateurs de la logique floue.....	53
IV.6 Structure générale d'un système floue	54

IV. 6.1 Fuzzification.....	54
IV. 6.2 Base de règle floue.....	55
IV. 6.3 Règles d'inférence floue.....	55
IV.6.4. Moteur d'inférence	55
IV. 6.5. Défuzzification	55
IV.7 Le raisonnement flou.....	55
IV.8. Les domaines d'applications.....	56
IV.9. Avantages et inconvénients du réglage par la logique floue	56
Conclusion.....	57
Références bibliographiques.....	58

Chapitre V : Evaluation des performances de transmission

Introduction	62
V.1. Plates-formes utilisées	62
V.1.1 FFMPEG.....	62
V.1.2 VLC	62
V.1.3 YUV player	62
V.1.4 VQMT.....	65
V.1.5 MATLAB.....	66
V.1.6 Linux Ubuntu	67
V.2 Métrique d'évaluation de la qualité de l'image vidéo.....	68
V.3.1 Peak-Signal-to-Noise-Ratio (PSNR).....	68
V.3.2. Fusion d'évaluation multiméthode vidéo (VMAF)	68
V.3 Paramètres de la QoS.....	69
V.4.1.Taux de perte de paquets (PLR %)	69
V.4.2 Gigue	69
V.4 QoE (Quality of experience)	70
V.5 Paramètre de quantification QP	70
V.6 Le débit binaire	70
V.7 Description des vidéos de teste	71

Table des matières

V.8 .Configuration expérimentale.....	72
V.9 Résultats.....	74
V.10.1 Codage par HEVC.....	74
V.10 .Mécanisme d'évaluation de la qualité vidéo par logique floue.....	76
V.11. 1 .Mise en œuvre du SIF1.....	77
V.10.2 Mise en œuvre du SIF2.....	79
V.10. 3Mise en œuvre de FIS3	81
V .11 Discussion	83
Conclusion.....	84
Références bibliographiques.....	85
CONCLUSION GENERALE	87

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

La vidéo est un média important pour les communications et le divertissement depuis de nombreuses décennies. Initialement, la vidéo était capturée et transmise sous forme analogique. L'avènement des circuits intégrés numériques et des ordinateurs a conduit à la numérisation de la vidéo, La vidéo numérique est présente partout aujourd'hui, il permet d'offrir aux utilisateurs un très grand nombre de services tels que la vidéo sur réseaux (DSL, terrestre, mobile...), les DVD, le broadcasting, la vidéo à la demande, etc. Ces applications ont nécessité le développement d'outils de codage efficaces et rapides afin de compresser au maximum les flux vidéo tout en gardant une qualité visuelle optimale.

Les technologies de compression vidéo ont significativement évolué ces dernières années, notamment après l'entrée dans l'ère du numérique. Ces technologies sont développées par des groupes d'experts comme "Moving Picture Experts Group" (MPEG) issus des groupes de standardisation tels que l'Union International des Télécommunications (ITU), la Commission Electrotechnique Internationale (IEC) et l'Organisation internationale de standardisation (ISO). Parmi les standards de compression vidéo proposés ces dernières années, on trouve notamment, le standard (H.262/MPEG-2) en 1994, le standard H.264/MPEG-4 "Advanced Video Coding" (H.264/MPEG-4 AVC) en 2003 et le standard "High Efficiency Video Coding" (HEVC) en fin d'année 2013. L'amélioration des standards de compression a permis une amélioration globale de la qualité vidéo avec des technologies nécessitant davantage de débits comme les formats Haute Définition (HD) et Ultra Haute Définition (UHD). L'objectif du développement des techniques de compression vidéo est d'économiser les ressources de stockage ou l'optimisation de l'usage des canaux de communication. Les algorithmes utilisés par les techniques de compression pour réduire la bande passante requise sont basés sur diverses techniques telles que le codage prédictif et le codage entropique qui produisent des signaux codés qui sont malheureusement sensibles aux erreurs de transmission qui peuvent influencer la qualité de la vidéo décodée .

Le transport vidéo sur les réseaux sans fil et en particulièrement sur les réseaux ad hoc souffre d'un évanouissement du signal, d'interférences sonores et d'une congestion du réseau, ce qui entraîne un taux de perte de paquets variable dans le temps et une bande passante effective fluctuante.

La capacité à quantifier la qualité d'une vidéo transmise sur des réseaux informatiques sans fil est importante pour évaluer le fonctionnement et les performances des réseaux. Deux groupes de paramètres interdépendants caractérisent la qualité vidéo transmise sans fil. Un groupement est lié au

trafic et peut être caractérisé par un délai de transmission de paquets, une gigue et une perte. Ces mesures de trafic peuvent être pris en charge dans le cadre d'une évaluation de la qualité de service (QoS) Le deuxième groupe indique les effets du bruit et de la distorsion associée sur les images composant une vidéo. Ceux-ci directement influencent la perception que l'utilisateur a de la vidéo et peuvent être prises en compte dans le cadre de l'évaluation de la qualité de l'expérience (QoE).

L'évaluation de la qualité vidéo nécessitait un développement supplémentaire en concevant un système de logique floue modulaire composé de trois systèmes d'inférence floue (FIS). Ces systèmes traitaient et combinaient les valeurs de perte, de gigue et indiquaient la qualité globale de la vidéo reçue.

La vidéo numérique non compressée contient des quantités significatives de données. Par conséquent, Les codecs vidéo jouent donc un rôle important, car il convertit les données vidéo numériques « brutes » ou non compressées en une forme compressée adaptée au stockage ou à la transmission. Le terme « streaming vidéo » fait référence à la transmission de la vidéo de manière presque en temps réel Le streaming est un signal qui est envoyé compressé sur Internet ou sur réseau local. Grâce à la technologie du streaming, l'utilisateur n'a pas à attendre la fin du téléchargement souvent long du fichier pour le visionner. On peut donc écouter une séquence sans l'avoir totalement téléchargée sur son ordinateur.

Organisation du mémoire

Nous avons structuré notre mémoire en cinq chapitres :

- ✚ Dans le premier chapitre nous allons commencer par donner un bref aperçu sur les réseaux sans fils puis présenter l'environnement mobile et quelque concept de base de cet environnement, Par la suite, nous nous focaliserons sur l'étude des caractéristiques des réseaux mobiles ad hoc leurs avantages, leurs handicaps et leurs domaines d'applications.
- ✚ Dans le deuxième nous allons parler sur la vidéo et son caractéristique (Couleur d'espace, format ...etc.), Après, nous allons passer à la compression de l'information vidéo en expliquant les diverses étapes de compression liées. Aussi, on va citer quelques normes de compression vidéo normalisées à partir des deux groupes de normalisation IEC/ISO et ITU-T.
- ✚ Dans le troisième chapitre, nous allons parler sur le standard HEVC, son architecture, ses caractéristiques, ses nouveautés et ses améliorations.
- ✚ Le quatrième chapitre contient une étude sur la logique floue, la définition des différents termes utilisés, les opérateurs et les normes applicables dans la logique floue.
- ✚ Dans le cinquième chapitre, nous parlerons sur l'évaluation des performances de transmission.

-Finalement, le mémoire se termine par une brève conclusion qui résume notre travail de recherche.

CHAPITRE I:

Les Réseaux mobile Ad hoc

Introduction

Les technologies sans fil offrent de nouvelles perspectives en télécommunications. L'évolution récente des moyens de communication sans fil et l'amélioration continue des performances des terminaux mobiles ont permis d'exploiter ces technologies dans les différents et de penser à de nouvelles application.

Dans ce chapitre, nous présenterons l'environnement mobile et les principaux concepts de base qui lui sont liés. Afin de comprendre ces réseaux sans fils, nous détaillerons quelques principales notions nécessaires de ces systèmes . Et puis, nous étudierons les réseaux mobiles ad hoc, qui sont un cas particulier de ces réseaux Après avoir décrit les réseaux ad hoc et leurs principales caractéristiques, ainsi que leurs domaines d'application, nous présenterons le problème de routage dans les réseaux Ad Hoc et enfin nous finirons sur la présentation du streaming vidéo avec ses différentes spécificités [1-2].

I.1. concepts de base :

I.1.1. Les réseaux sans fil :

I.1.1.1. Définition :

Un réseau sans fil est comme son nom l'indique, un réseau dans lequel les différents postes ou systèmes peuvent communiquer entre eux par ondes radio. 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 parler de "mobilité"[3].

I.1.1.2. Les catégories de réseaux sans fils :

On distingue habituellement plusieurs catégories de réseaux sans fils, selon le périmètre géographique offrant une connectivité [4] :

Catégorie	Portée max	Débit	Normes
WPAN	Qqs m 500 m	1 Mbit/s + de 50 Mbit/s	IEEE 802.15 (Bluetooth) IEEE 802.11 (a,b,c,...)ETSI HyperLan
WMAN	4 à 10 kilomètres	De 1 à 10 Mbit/s	IEEE 802.16 WiMax ETSI HyperMan
WWAN	Plusieurs centaines de kms	De 1 à 10 Mbit/s	Basé sur des technologies Cellulaires

Tableau I.1. Les Catégories de réseaux sans fil.

I.1.1.3. Architectures des réseaux sans fil:

Il existe deux classes de réseaux mobiles sans fil : réseau mobiles avec infrastructure et sans infrastructure : [5]

- a) **Les réseaux à infrastructure (cellulaire):** Dans les réseaux avec infrastructure, le réseau est géré par une ou plusieurs bornes d'accès stationnaires (stations de base ou points d'accès). Lorsqu'un réseau comprend plusieurs bornes, celles-ci sont raccordées par un réseau filaire (comme Ethernet, ATM, Internet) formant ainsi une infrastructure qui demeure fixe. La communication entre les équipements terminaux est pilotée à un moment ou un autre par le biais d'une borne où un nœud (équipement) mobile utilise une communication radio sans fil direct d'un seul saut (single hop) pour accéder à cette borne qui le relie à l'infrastructure filaire. Les réseaux cellulaires et les réseaux WLAN en mode avec infrastructure fonctionnent selon ce modèle

- b) **Les réseaux sans infrastructure (ad hoc) :** Les réseaux ad hoc sont des réseaux sans fil capables de s'organiser sans infrastructure définie préalablement. Dans les réseaux ad hoc, les communications s'effectuent directement en point à point entre les stations où la gestion et la configuration de tels réseaux ne nécessitent aucun administrateur. Pour communiquer entre eux, les terminaux ont seulement besoin de disposer de logiciels adéquats et de bande de fréquences autorisée. C'est le modèle de fonctionnement des WPAN et des réseaux WLAN en mode ad hoc (sans infrastructure).

I.2. Les réseaux mobiles ad hoc (MANET) :

I.2.1. Définition :

MANET signifie Mobile adhoc Network, également appelé réseau adhoc sans fil ou réseau sans fil adhoc qui possède généralement un environnement réseau routable au-dessus d'un réseau ad hoc Link Layer. Ils se composent d'un ensemble de nœuds mobiles connectés sans fil dans un réseau d'auto-guérison sans avoir une infrastructure fixe. Les nœuds MANET sont libres de se déplacer de manière aléatoire car la topologie du réseau change fréquemment. Chaque nœud se comporte comme un routeur lorsqu'il transfère le trafic vers d'autres nœuds spécifiés du réseau [6-7].

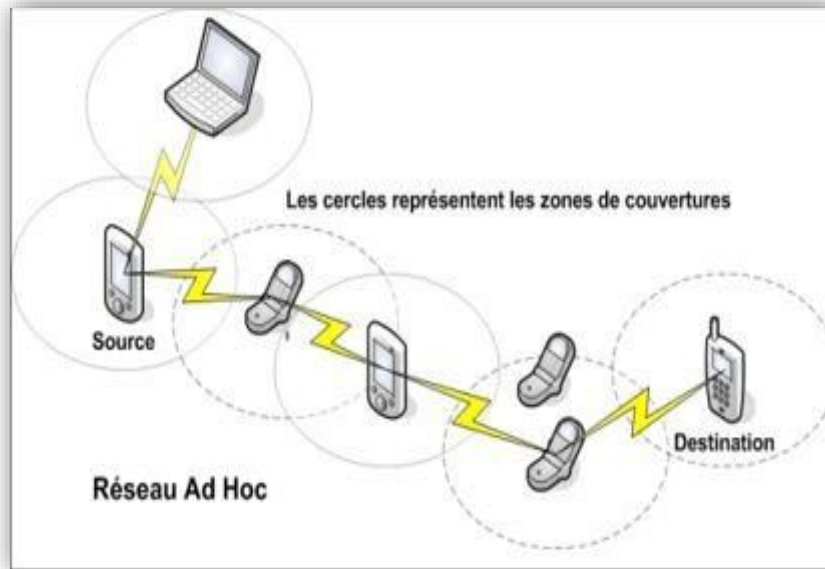


Figure I.1. La modélisation d'un réseau mobile ad hoc.

I.2.2. Les applications des réseaux mobiles ad hoc :

Les réseaux Ad Hoc sont utilisés dans toutes les applications où le déploiement d'une architecture centralisée est contraignant, voire impossible. En effet, la robustesse, le coût réduit et le déploiement rapide qu'ils présentent leur confèrent un accès à une large palette d'applications dont: [8-9]

- **Les services d'urgence** : opération de recherche et de secours des personnes, tremblement de terre, feux, inondation, dans le but de remplacer l'infrastructure filaire.
- **Le travail collaboratif et les communications dans des entreprises ou bâtiments** : dans le cadre d'une réunion ou d'une conférence par exemple.
- **Applications commerciales** : pour un paiement électronique distant (taxi) ou pour l'accès mobile à l'Internet, où service de guide en fonction de la position de l'utilisateur.
- **Réseaux de senseurs** : pour des applications environnementales (climat, activité de la terre, suivi des mouvements des animaux, etc.) ou domestiques (contrôle des équipements à distance).

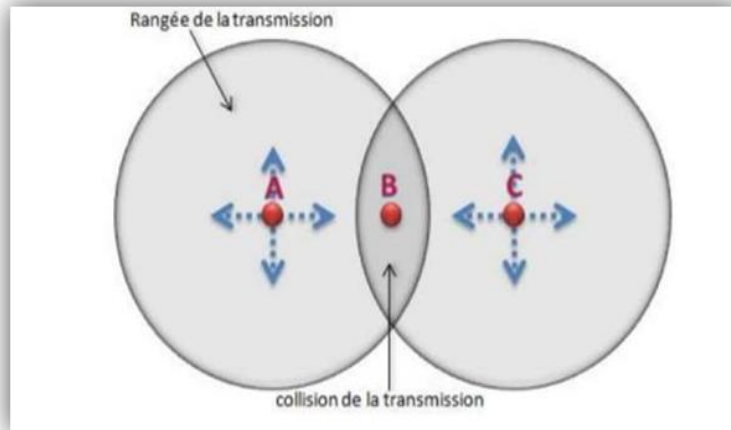


Figure I.3. Le nœud caché.

I.2.4. Modes de communication dans les réseaux mobiles Ad hoc:

1) Le mode Unicast :

On entend par unicast le fait de communiquer entre deux ordinateurs identifiés chacun par une adresse réseau unique. Les paquets de données sont routés sur le réseau suivant l'adresse du destinataire encapsulée dans la trame transmise Figure (I.4). [12-14]

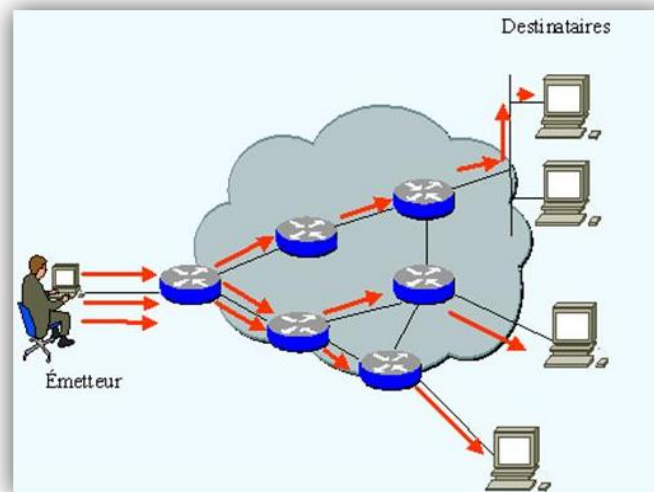


Figure I.4. Exemple de diffusion en Unicast.

2) Le mode Multicast (multipoint) :

On entend par multicast le fait de communiquer simultanément avec un groupe d'ordinateurs identifiés (Figure I.5) par une adresse spécifique (adresse de groupe). En terme technique, le protocole IGMP (Internet Group Management Protocol) permet à un PC de s'enregistrer au

groupe tandis que le protocole IP/Multicast permet d'envoyer un même paquet à plusieurs utilisateurs. [15-16]

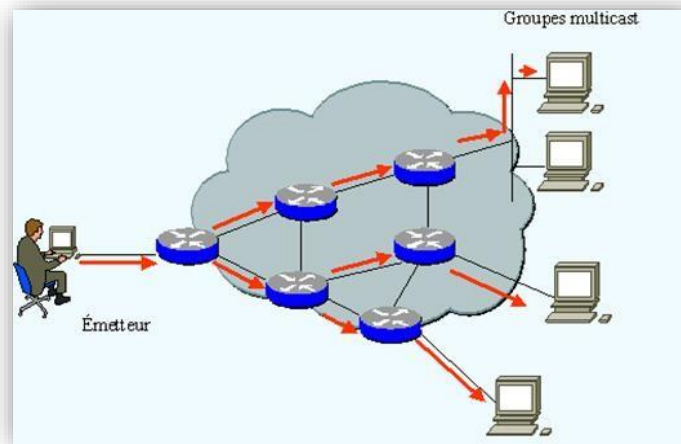


Figure I.5. Exemple de diffusion en Multicast.

3) Le Broadcast :

Le broadcast est un terme anglais définissant une diffusion de données depuis une source unique à un ensemble de récepteurs. Contrairement à une communication Point à Point, il est possible d'adresser des paquets de données à un ensemble de machines d'un même réseau uniquement par des adresses spécifiques. [17]

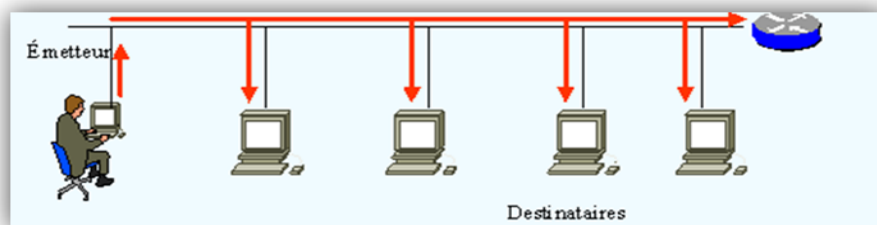


Figure I.6. Exemple de diffusion en Broadcast. [18]

I.2.5. Les Avantages et inconvénients des réseaux mobiles ad hoc :

1. Les Avantages :

- Fournit une bonne qualité de service
- Zéro paquets perdus.
- Modèle léger dans les nœuds du réseau.

2. Les inconvénients :

- Complexité au niveau du cœur du réseau.
- N'est pas pratique pour les flux de courte durée.
- Scalabilité. [19]

I.3. Le routage dans les réseaux ad hoc :

Dans cette partie nous intéressons aux protocoles de routages dans les réseaux Ad Hoc. La stratégie de routage dans les réseaux ad hoc est utilisée dans le but de découvrir les chemins qui existent entre les nœuds. Le but principal d'une telle stratégie est l'établissement de routes qui soient correctes et efficaces entre une paire quelconque d'unités, ce qui assure l'échange des messages d'une manière continue. Vu les limitations des réseaux ad hoc, la construction des routes doit être faite avec un minimum de contrôle et de consommation de la bande passante. [20]

I.2.6. Définition du routage :

Le routage réseau est le processus de sélection d'un chemin à travers un ou plusieurs réseaux. Les principes de routage peuvent s'appliquer à tout type de réseau, des réseaux téléphoniques aux transports publics. Dans les réseaux à commutation de paquets, tels qu'Internet, le routage sélectionne les chemins que doivent emprunter les paquets IP (Internet Protocol) pour se rendre de leur origine à leur destination. [21-22]

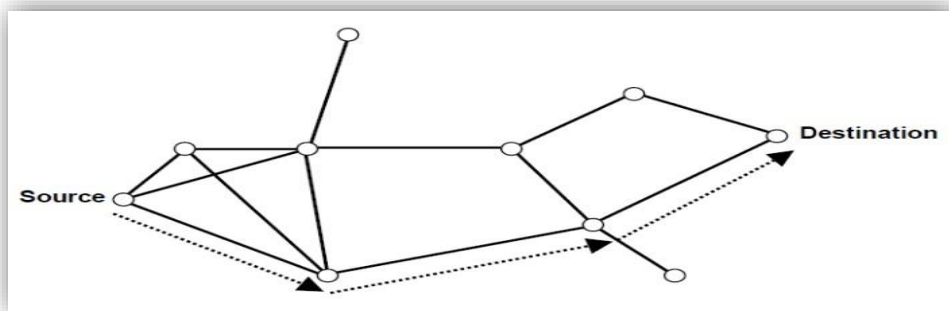


Figure I.7. Le chemin utilisé dans le routage entre la source et la destination.

I.2.7. Les contraintes de routages dans les réseaux ad hoc :

Afin de supporter la topologie dynamique et la mobilité des réseaux ad hoc, des contraintes doivent être prises en compte lors de déploiement d'un protocole de routage, parmi ces contraintes il y'a : [23]

- **Distribution** : Les protocoles doivent être entièrement distribués, fournissant la tolérance de fautes.
- **Gestion minimale de réseaux** : Les paquets de contrôle dans un protocole de routage devraient être minimum que possible, car ils consomment la largeur de bande passante et

peuvent causer des collisions avec des paquets de données, diminution de débits et aussi le protocole doit éviter les boucles.

- **Conservation de ressources** : Les protocoles devraient optimiser l'utilisation des ressources telles que la largeur de la bande passante, la puissance de calcul et la mémoire.
- **Sécurité** : Les protocoles doivent réagir aux menaces et aux vulnérabilités, par des mécanismes qui empêchent toutes les attaques possibles contre un réseau ad hoc et évitent la consommation agressive de ressources.
- **Qualité de service** : Les protocoles devraient pouvoir fournir un certain niveau de qualité de service (QoS) exigé par les applications.

I.3. Le streaming vidéo :

I.3.1. Définition

Le Streaming consiste à découper les données en paquets dont la taille est adaptée à la bande passante disponible entre le client et le serveur. Quand le client a reçu suffisamment de paquets, l'application cliente commence à jouer un paquet, décompresse un autre et reçoit un troisième. Ainsi la technologie du streaming permet de commencer à visualiser un contenu multimédia sans être obligé de télécharger la totalité des données (on fonctionne en flux continu). : [24]

I.3.2. Les protocoles de streaming :

➤ **Real-time Transport Protocol (RTP):**

RTP est un protocole de transfert des données en temps réel basé sur IP, qui se situe au niveau de l'application. Il élimine la latence fournie par TCP (Transmission Control Protocol) (pour gérer les paquets perdus) afin de fournir des applications en temps réel via UDP (User Datagram Protocol) (plus rapide). [25]

➤ **Real-Time Control Protocol (RTCP):**

Le protocole RTCP est basé sur des transmissions périodiques de paquets de contrôle par tous les participants dans la session. C'est un protocole de contrôle des flux RTP (Real-time Transport Protocol), permettant de véhiculer des informations basiques sur les participants d'une session.

➤ **Real Time Streaming Protocol (RTSP):**

Est un protocole qui fournit un cadre pour le transfert de données de médias en temps réel au niveau de l'application. Le protocole se concentre sur la connexion et le contrôle des sessions de diffusion

de données multiples sur les lignes de synchronisation temporelle pour les médias continus comme la vidéo et l'audio.

I.4.2. Les Techniques de streaming vidéo :

Il existe plusieurs techniques du streaming, la figure suivante représente quelques exemples : [26]

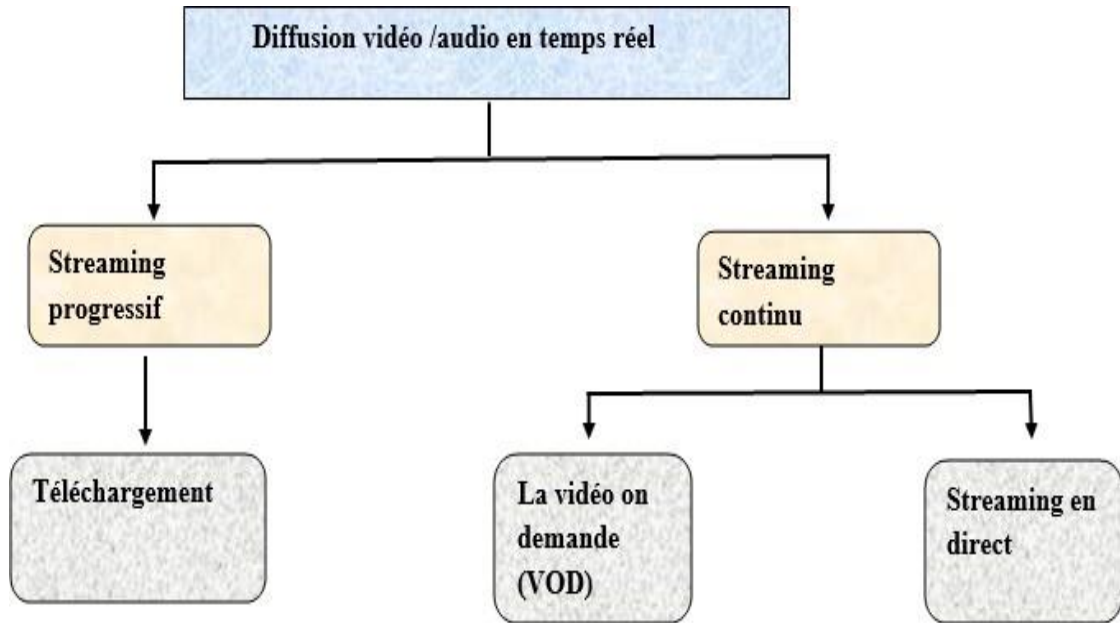


Figure I.8. Techniques de streaming [27]

a) **Le streaming progressif :**

C'est la solution la plus couramment utilisée, car elle ne nécessite pas de serveur spécialisé, un serveur HTTP « standard » étant suffisant. Le fichier audio vidéo est simplement proposé au téléchargement, de la même manière que tout autre type de fichier, et c'est le navigateur qui se charge d'effectuer la lecture de la vidéo.. [28]

b) **Le streaming continu :** Dans le cas de la lecture en continu, il n'y a qu'un seul fichier diffusé contenant plusieurs fois les mêmes informations à différents niveaux de qualité, et c'est le serveur de lecture en continu spécialisé qui se charge de diffuser l'information adaptée.

I.4.2.1. Comparaison entre le streaming et le téléchargement : [29]

Streaming	Téléchargement
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Processus de transmission ou de réception de données, en particulier de matériel vidéo et audio, sur un réseau informatique sous la forme d'un flux régulier et continu. ▪ Le fichier n'est pas enregistré sur l'ordinateur de l'utilisateur 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Processus de réception de données d'un système distant tel qu'un serveur Web, un serveur de messagerie ou un système similaire via Internet. ▪ Le fichier est enregistré sur l'ordinateur de l'ordinateur de l'utilisateur

□ **Tableau I.3. La différence entre le streaming et le téléchargement.**

I.4.3. L'architecture de streaming:

La plupart des systèmes de streaming fonctionnent selon un modèle client/serveur, Le client demande des données à partir d'un serveur sur un réseau, le serveur se contente de lui délivrer ces données comme un flux audio et vidéo continu codé ou compresser dans un format spécial qui rétrécit les données à une taille gérable. La génération d'un flux vidéo/audio est suivit par une opération d'encodage qui sert à faire compresser le contenu du média afin de diminuer la taille de fichier, l'opération inverse (décompression) est réalisé lors de la lecture du fichier par le client. Les médias sont ensuite envoyés à un serveur de streaming qui analyse la bande passante des clients et qui adapte la qualité de diffusion de cette dernière. A l'arrivée d'une demande de visualisation par un client, le serveur place la réponse dans une mémoire tampon. Quand il y a assez de données dans cette mémoire pour permettre de lire le début du fichier audio ou vidéo, la lecture démarre et le téléchargement du flux continu pour alimenter la mémoire tampon avec la suite fichier. [30-31]

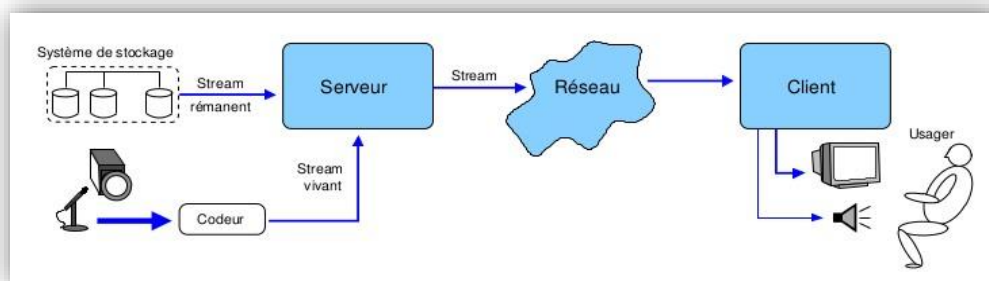


Figure I.9. Architecture de streaming.

I.4. La Qualité d'Expérience et La qualité de service :

I.4.1. Définition de la qualité de service (QoS):

La qualité de service peut être définie comme le degré de satisfaction d'un utilisateur des services fournis par un système de communication. Elle est définie comme la capacité d'un élément du réseau (ex : routeur, nœud ou une application) de fournir un niveau de garantie pour un acheminement des données La qualité de service est caractérisée par un ensemble de besoins à assurer par le réseau pour le transport d'un trafic d'une source à une destination. [32]

I.4.2. Définition du Qualité d'Expérience (QoE) :

C'est le degré de plaisir ou d'agacement d'un utilisateur concernant une application ou un service. Il résulte de l'accomplissement de ses attentes à l'égard de l'utilité et/ou de la jouissance de l'application ou du service à la lumière de sa personnalité et de son état actuel.

I.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.

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,

Conclusion :

Dans ce chapitre, on a fait une présentation des différentes notions qui concernent notre travail. Tout d'abord, nous a permet de présenter les notions nécessaires à la compréhension de l'environnement des réseaux sans fils. Ensuite, nous sommes intéressés plus aux réseaux mobiles ad hoc, et le problématique de routage dans cette réseau et les stratégies faisant face à ces problématiques, puis on a donné des détails sur le streaming vidéo (protocoles, techniques et architecture). Le chapitre se termine par une brève présentation de la qualité d'expérience et la qualité de service.

Références bibliographiques

- [1] D.Khawla and SILINI Loubna, “Stochastic Routing Algorithm for Ad-Hoc Networks,”UNIVERSITY MOHAMED BOUDIAF - M’SILA, 2019.
- [2] B. Chouaib, “Prise en Compte de la QoS par les Protocoles de Routage dans les Réseaux MobilesAd Hoc,” 2008.
- [3] Z. D. Eddine, “Routage Multicast à Travers un Backbone Maillé Sans Fil,” Larbi Ben M’hidi Oum El Bouaghi, 2017.
- [4] Site web: <https://slideplayer.fr/slide/4249506/> Consulté le 01/05/2022.
- [5] KHEBBACHE Mohibeddine, “Protocole de transport multicast fiable pour les réseaux sans fil,”Université Hadj LAKHDAR –Batna-, 2014.
- [6] Slimane BOUCEFAR and Walid BOUCEFAR, “La qualité de service dans les réseaux véhiculaires (VANET),” MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 2017
- [7] TAHAR ABBES Mounir, “Proposition d’un protocole á économie d’énergie dans un réseau hybride GSM et AD HOC,” Université d’Oran, 2012.
- [8] Bachar Salim HAGGAR, “Auto-organisation et routage dans les reseaux mobiles ad ho,” Université de Reims Champagne-Ardenne.
- [9] S. Naimi, G. De, and A. Hoc, “Gestion de la mobilité dans les réseaux Ad Hoc par To cite this version : Sabrina NAIMI Gestion de la mobilité dans les réseaux Ad Hoc,” 2015.
- [10] D. Ouiza, “Etude et simulation des attaques dans les réseaux ad hoc,” Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 2011.
- [11] S. Madjid, “Interactions des protocoles MAC, Routage et TCP pour une meilleure QoS dans un MANET,” Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou., 2011.

- [12] MERAIHI Yassine, “ROUTAGE DANS LES RESEAUX VEHICULAIRES (VANET) CAS D’UN ENVIRONNEMENT TYPE VILLE Soutenu,” UNIVERSITE M’HAMED BOUGARA - BOUMERDES, 2011.
- [13] Site web: <https://www.techno-science.net/definition/3831.html> Consulté le 01/05/2022.
- [14] Site web: <http://wapiti.enic.fr/commun/ens/diffusion.htm>. Consulté le 01/05/2022.
- [15] Site web: <https://www.techno-science.net/definition/3782.html> . Consulté le 01/05/2022.
- [16] Site web: <http://www.iplogos.fr/introduction-aux-technologies-multicast/>. Consulté le 01/05/2022.
- [17] Site web: <https://www.techno-science.net/definition/3737.html> .Consulté le 01/05/2022.
- [18] Site web: <https://www.dir-tech.com/unicast-multicast-et-broadcast/> Consulté le 01/05/2022.
- [19] Site web:<https://slideplayer.fr/slide/1151270/> Consulté le 01/05/2022.
- [20] H. Souhila, “Etat de l’art sur les systèmes de détection d’intrusion dans les protocoles de routage dans les réseaux Adhoc,” UNIVERSITE MOULOUDE MAMMERI DE TIZI OUZOU, 2013.
- [21] ABDELHAMID ZEBDI, “NOUVEAU PROTOCOLE DE ROUTAGE MULTICAST POUR LES RÉSEAUX ADHOC MOBILES BASÉ SUR LES ZONES DENSES,” L’UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES COMME, 2006.
- [22] Site web: <http://chapat.perso.enseiht.fr/supports/tcpip-routage-handout.pdf> Consulté le 01/05/2022.
- [23] Mariam Dawoud, “Analyse du protocole AODV,” Université Paul Sabatier – I.R.I.T, 2005.
- [24] BELMELIANI Imane Ammaria, “Le développement d’une application mobile dédiée au streaming vidéo entre les professionnels de santé,” Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen, 2016.
- [25] K. Soumia. and AHMED M’barek Hafsa, “Amélioration de la qualité d’expérience des services de vidéo streaming adaptatif dans une architecture MEC,” BLIDA 1, 2019.

- [26] CHERCHAR Mohamed Seddik and BERRAIRIA Abderrahmene, “Amélioration de la qualité d ’ expérience des services de vidéo streaming adaptatif dans une architecture MEC,” Université SAAD DAHLAB de BLIDA 1, 2019
- [27] Bourabia Afifa and Bourebia soumia, “ETUDE DE STREAMING WDEO DANS LES RESEAAAX DE MOBILES AD.HOC A TR/TWRS LE SIMUL/ITEUR OMNET++,” ANIWRSITE MOHAMMED SADDIK BEN YAIYA - TIJEL, 2016
- [28] Site web: <https://www.archimag.com/bibliotheque-edition/2020/01/29/streaming-vod-dvd-modes-diffusion-formats-video-bibliotheque>. Consulté le 01/05/2022.
- [29] Site web: <https://pediaa.com/what-is-the-difference-between-streaming-and-downloading/>. Consulté le 01/05/2022.
- [30] Site web: <https://www.institut-numerique.org/chapitre-1-systeme-de-streaming-vue-densemble-51877b5775720>. Consulté le 01/05/2022.
- [31] S. BITAM, “Une nouvelle approche pour la découverte de la topologie dans les réseaux mobiles ad hoc inspirée de la communication dans les,” Mohamed Khider de Biskra, 2011.
- [32] Antoine Lavignotte, “Prise en compte de la qualité de l’expérience utilisateur au sein des protocoles de streaming HTTP adaptatifs,” l’Université Jean-Monnet, 2014.

CHAPITRE II:

Les normes de la compression vidéo

Introduction

La compression vidéo ou compression de données est une méthode qui consiste à réduire la quantité de données, tout en minimisant l'impact sur la qualité visuelle de la vidéo. L'intérêt de la compression vidéo est de réduire les coûts de stockage et de transmission de fichiers vidéo, à l'état brut, sont très volumineux. Plusieurs normes importantes telles que la norme Moving Picture Experts Group (MPEG), les normes H.261, 263 et 264 sont les techniques les plus couramment utilisées pour la compression vidéo. Dans ce chapitre nous présenterons une étude générale sur le codage de sources vidéo. Nous considérerons d'abord les principes de bases des normes de compression vidéo on définirons les systèmes colorimétrique et sous-échantillonnage des composantes de chrominances puis nous définirons les format vidéo usuels et les standards vidéo, nous considérerons ensuite une brève présentation du la compression vidéo, Puis nous allons parler sur les codec vidéo, le chapitre se termine par une présentation des principales normes de codage vidéo et d'une conclusion[1-2]

II . Principe de base des normes de compression vidéo :

II.1 Formats des scènes vidéo :

Une vidéo numérique est ainsi définie comme une succession d'images à une certaine cadence, qui est généralement accompagnée de son. On caractérise la fluidité (vitesse) d'une vidéo par le nombre d'images par secondes (en anglais frame rate), exprimé en FPS (Frames Par Second). Sachant que 'œil humain est capable de distinguer environ 20 images par seconde, on peut lui donner l'impression de percevoir une image animée en affichant plus de 20 images par seconde. Une séquence vidéo est aussi caractérisée par sa résolution spatiale (Figure II.1). Cette caractéristique définit le nombre de lignes et le nombre de colonnes de pixels composant chacune des images. A titre d'exemple, la résolution spatiale d'une image extraite d'une vidéo haute définition (Full HD) est actuellement de 1920x1080 pixels. La troisième caractéristique vidéo est la profondeur qui détermine le nombre de variantes de couleurs qui peuvent être représentées et qui sont exprimées en nombre de bits par pixel [3-4].

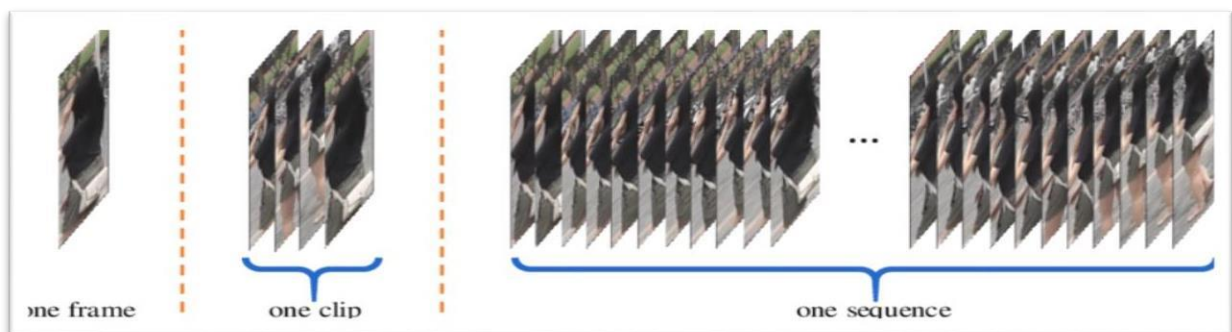


Figure II.1 : Exemple d'une séquence d'image

II.2.2. Systèmes colorimétrique RGB et YUV :

Dans le système de représentation des couleurs RVB, chaque pixel coloré est en fait le produit de la lumière issue de trois rayons juxtaposés : rouge, vert et bleu comme le montre la Figure (II.2). En général, chaque composante de l'image (Rouge, Vert, Bleu) est codée sur 8 bits avec ces 24 bits d'informations, il est possible de représenter plus d'un million de nuances de couleurs pour chaque pixel (soit 2^{24}). Toutefois, il est possible de travailler avec une profondeur inférieure. En effet, Les applications de vidéosurveillance n'utilisent des flux vidéo qu'en nuance de gris. Pour ces applications, 8 bits par pixel suffisent [5-6].

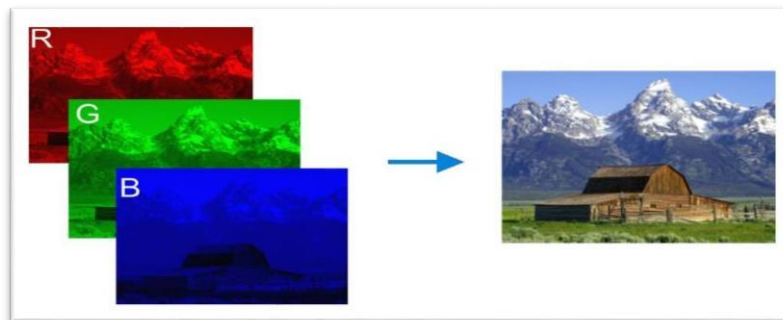


Figure II.2: Les composantes RVB.

L'espace colorimétrique YUV, nommé aussi YCbCr, est un autre espace de représentation des couleurs (Figure II.3). Le principe de l'espace YUV est de représenter les couleurs en utilisant une composante de luminance Y, et 2 composantes de chrominance (Y,V) correspondant aux composantes bleue et rouge. Ce format est couramment employé dans les applications de compression vidéo en remplacement le format RVB. Pour convertir des espaces RVB en espaces YUV, les équations suivantes peuvent être utilisées : [7-8]

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$$

$$U = 0.492 (B - Y)$$

$$V = 0.877 (R - Y)$$



Figure II.3 : L'espace colorimétrique YUV .

II.2.3. Sous-échantillonnage des composantes de chrominances :

Le système visuel humain est toujours plus sensible aux changements de luminance qu'aux changements de chrominance. Ce défaut visuel de l'œil est toujours pris en compte lors de l'échantillonnage et de la numérisation des couleurs, où seuls les chromas Cr et Cb sont sous-échantillonnés. A cet effet, plusieurs formats sont définis. Les plus populaires sont 4:4:4, 4:2:2 et 4:2:0 et 4 : 1 : 1 comme le montre la figure (II.4) [9-10].

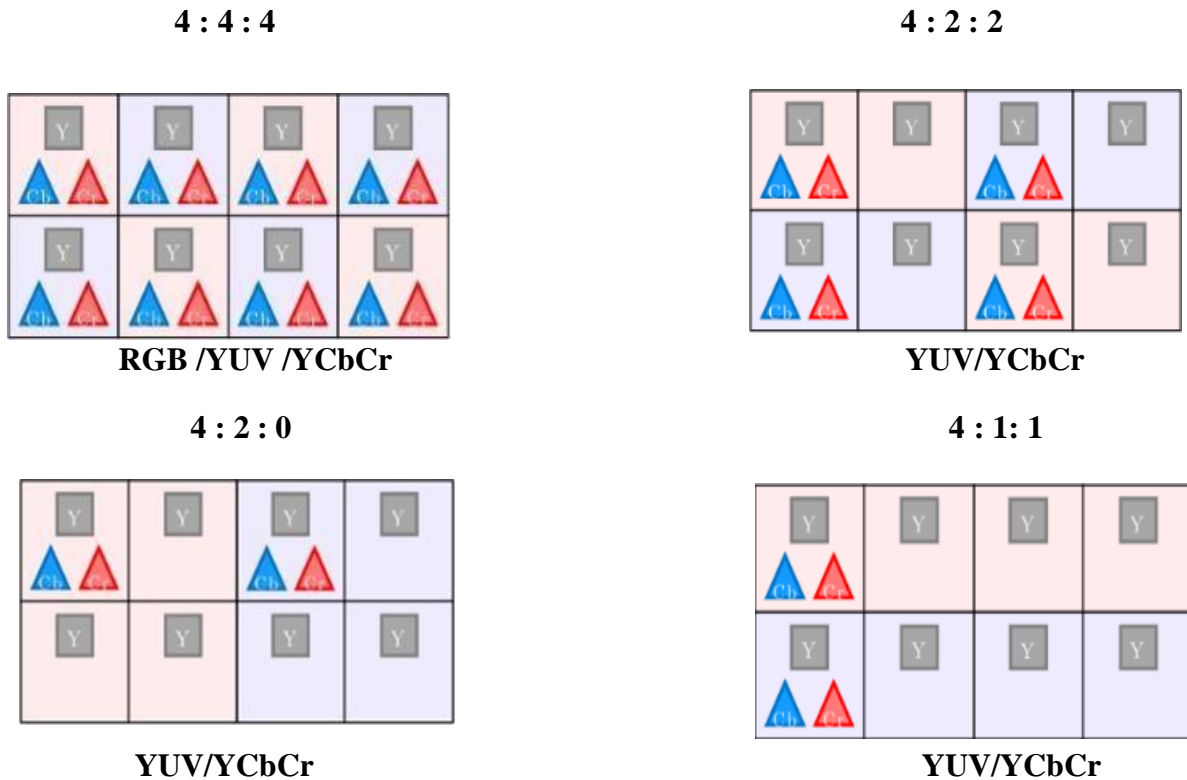


Figure II.4 : Echantillonnage couleur.

- **Le format 4:4:4** : signifie que les trois composantes (Y, Cb et Cr) ont la même résolution et qu'il existe donc un échantillon de chaque composante à chaque position de pixel
- **Le format 4:2:2** : signifie que pour chaque quatre échantillons de luminance dans la direction horizontale, il y aura deux échantillons pour Cr et deux autres pour Cb.
- **Le format 4:1:1**: Pour ce format, la luminance Y est codée pour tous les pixels, alors que la chrominance Cr + Cb est codé un pixel sur quatre sur toutes les lignes.
- **Le format 4:2:0** signifie que pour chaque groupe rectangulaire formé de quatre échantillons de luminance, on trouve seulement un seul échantillon de chrominance Cr, et aussi un seul pour Cb.

II.2.3. Formats vidéo numériques :

Le groupe de spécialistes de l'UTI a recommandé trois formats. Ils sont : le standard input format (SIF), Common interchange format (CIF), et la version à faible débit de CIF appelé quart

CIF (QCIF), ces formats décrivent un ensemble complet de formats vidéo numériques qui sont largement utilisés dans les applications mobiles[12-13].



Figure II.5: Cadre vidéo échantillonné à différentes résolutions

Description	SIF	CIF	QCIF
Résolution horizontale (Y) pixels	352	360(352)	180(176)
Résolution verticale (Y) pixels	240/288	288	144
Résolution horizontale (Cr, cb) pixels	176	180(176)	90(88)
Résolution verticale (Cr, cb) pixels	120/144	144	72
Bits/pixel (bpp)	8	8	8
Mode d'affichage	Progressif	Progressif	Progressif
Trames par seconde (fps)	30	30, 15, 10, 7.5	30, 15, 10, 7.5

Tableau II.1 : Les différents formats de la vidéo numérique

La Figure (II.1) et représente des autres formats pour la transmission d'images numériques issues de la télévision à tube comme la définition standard (SD), elle se compose de 720x576 pixels. Ce format est utilisé par les DVD. Et pour 720p, il est utilisé dans le cas de la Haute Définition (HD) mais dit intermédiaire. Il comprend 1280x720 pixels., Full HD l'autre définition de la HD, ce format comporte 1920x1080 pixels. Autre que les téléviseurs qui la propose, il est aussi utilisé par le Blu-Ray, Quad HD ou Ultra HD ou 4K une définition comprenant 4 fois plus de pixels que la Full HD. Elle se compose de 3840x2160 pixels. Le format cinéma se compose lui de 4096x2160 et enfin 8K

Ce format propose une définition ayant 16 fois plus de pixels que la Full HD et 4 fois plus de pixels que la 4K. [14-5]



Figure II.6 : Tailles des différents formats

II.2.4. Les standards de la compression vidéo :

- ISO International Organization for Standardization.
- ITU International Telecommunication Union.
- JVT Joint Video Team (H.264/MPEG-4-AVC en 2003).
- JCT-VC Joint Collaborative Team on Video Coding : pour développement de HEVC codec [16].

II.3. La compression vidéo :

Le codage vidéo est le processus de compression et de décompression d'un signal vidéo numérique. Les technologies de compression vidéo sont en train de réduire et de supprimer les données vidéo redondantes afin qu'un fichier vidéo numérique puisse être envoyé efficacement sur un réseau et stocké sur des disques d'ordinateur. Avec des techniques de compression efficaces, une réduction significative de la taille du fichier peut être obtenue avec peu ou pas d'effets néfastes sur la qualité visuelle. La qualité de la vidéo, cependant, peut être affectée si la taille du fichier est encore abaissée en augmentant le niveau de compression pour une technique de compression donnée.

Le but de la compression de la vidéo numérique c'est de prendre moins d'espace de stockage et de bande passante de transmission [17-18].

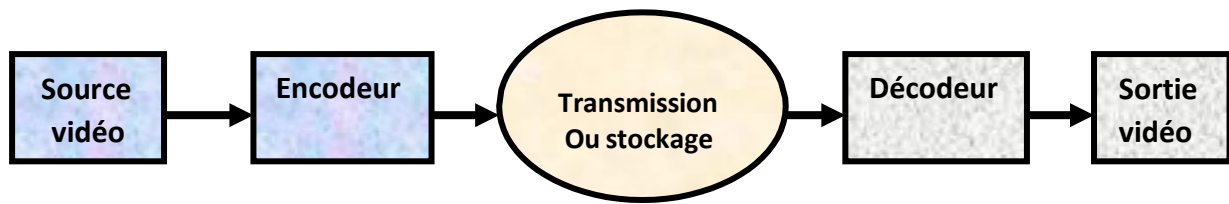


Figure II.7 : Schéma illustre la compression des vidéos en cas générale .

II.3. 1. Les différents types de la compression vidéo :

Il existe deux types de compression la compression avec perte et la compression sans perte [19]:

➤ Compression sans perte :

La compression sans perte (compression réversible) utilise des algorithmes qui compressent les données sans les dégrader. Autrement dit, après la décompression des données, celles-ci sont identiques à celles utilisées pour la compression c'est cette technique que la majorité des logiciels de compression utilisent. Les exemples de fichiers compressés à base de cette technique ont les extensions ace, arc, Zip, rar, 7z.

➤ Compression avec perte :

Généralement, les méthodes de compression avec perte reposent sur le principe de la suppression de la redondance des éléments d'une image ou d'une séquence vidéo qui peuvent être supprimés sans affecter de manière significative la perception de la qualité visuelle par le spectateur.

II.3.1.1. Les Redondances vidéo :

La compression est obtenue en supprimant les informations redondantes de la vidéo. Il existe quatre principaux types de redondances qui sont généralement explorés par les algorithmes de compression [20]:

- **Redondance perceptuelle** : l'informations de la vidéo qui ne peuvent pas être facilement perçues par l'observateur humain et qui, par conséquent, peuvent être supprimées sans altération significative de la qualité de vidéo.
- **Redondance temporelle** : les pixels des images vidéo successives présentent une grande similitude. Ainsi, même si le mouvement a tendance à modifier la position des blocs de pixels, il ne modifie pas leurs valeurs et donc leur corrélation. On l'appelle aussi redondance inter-code.
- **Redondance spatiale** : il existe une corrélation significative entre les pixels situés autour du même voisinage dans une image. On l'appelle aussi redondance intra-codage.
- **Redondance statistique** : Ce type de redondance est lié à la relation statistique dans les données vidéo (bits et octets).

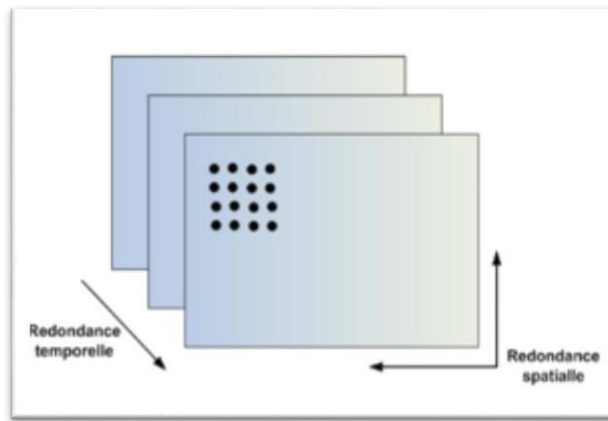


Figure II.8 : Redondance spatiale et temporelle dans la vidéo

II.3. 2. Les CODEC vidéo :

« Codec » est une contraction de « encodeur et décodeur ». Un encodeur vidéo convertit les données vidéo numériques « brutes » ou non compressées en une forme compressée adaptée au stockage ou à la transmission. Un décodeur vidéo extrait des données vidéo numériques d'un fichier compressé, les convertissant en une forme affichable et non compressée. Il est à noter que [21] [22]:

- ❖ Le matériel vidéo original et décodé peut être identique ou non. Si la sortie du décodeur est identique à la vidéo d'origine, le processus de compression est sans perte. Si les deux vidéos ne sont pas identiques, le processus de compression est avec perte et il n'est (généralement) pas possible de récupérer les données d'origine.
- ❖ Il existe de nombreux formats de codec différents qui peuvent fournir des niveaux de compression très variables.
- ❖ En général, une compression plus élevée peut- être obtenue au prix d'une réduction de la qualité de la vidéo décodée.
- ❖ Les formats de codec plus récents tels que HEVC et VP9 peuvent nécessiter une puissance de calcul beaucoup plus importante que les formats plus anciens tels que MPEG-1. Plus de puissance de traitement peut se traduire par encodage et décodage plus lents.
- ❖ Un codec vidéo peut être implémenté sous la forme d'une application logicielle ou il peut être intégré à un appareil tel qu'un smartphone, un ordinateur ou un appareil photo.

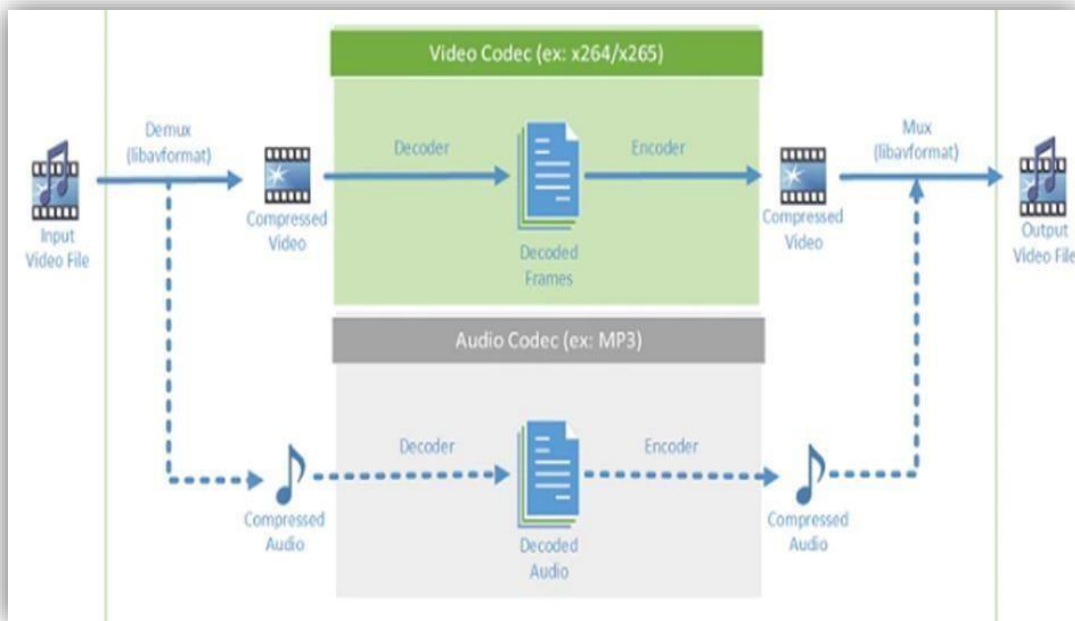


Figure II.9: Codeur /Décodeur

II.4. Les normes de compression vidéo :

II.4.1. Evolution des normes de compression vidéo :

Au cours de la dernière décennie, les domaines d'application et les exigences en matière de compression et d'interopérabilité du contenu vidéo ont changé. La figure II.10 résume l'évolution des différentes recommandations ou normes de compression vidéo. Les organisations ITU-T et ISO/MPEG partagent la normalisation des normes de compression vidéo. Le premier intéresse principalement les applications nécessitant des applications bas débit, de visiophonie et de visioconférence. Le deuxième s'intéresse aux applications nécessitant des débits plus élevés : applications d'archivage et de diffusion[23].

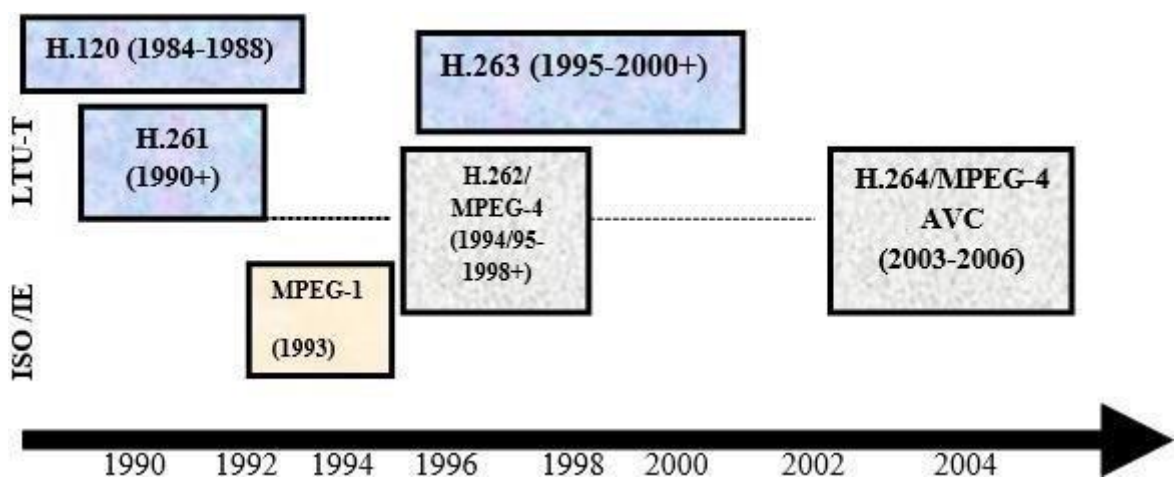


Figure II.10 : Evolution des normes de codage vidéo de l'ITU-T et de l'ISO / IEC comités

II.4.2 Les normes de l'ISO/IEC :

1) *MPEG 1* :

Il s'agit de la norme de compression de base développée par la famille ISO/IEC en 1993. L'idée est de stocker les fichiers vidéo dans un format adapté aux CDROMs. En utilisant ce standard, la vidéo est encodée à un débit de données inférieur à 1,4 Mbps. Elle est utilisée dans les applications audio, avec MP3 (MPEG layer3) qui permet une bonne compression des morceaux musicaux et la réduction efficace du flux sonore[24].

2) *MPEG 4* :

La norme MPEG-4 a été adoptée officiellement en 1999. Ses applications ne sont donc pas encore aussi répandues que celles des deux normes précédentes. MPEG-4 possède toutefois un spectre de possibilités beaucoup plus étendu que MPEG 1 et 2, accordant une place importante à l'interactivité avec l'utilisateur ainsi qu'à l'intégration de diverses composantes visuelles et sonores au sein d'un même fichier. Cette norme pourra entre autres servir à la diffusion en temps réel (communément appelée streaming), un segment actuellement occupé par des logiciels comme le Real Player de Real Networks ou le Windows Media Player 6e Microsoft. C'est ce mode de diffusion qui permet d'écouter une station de radio ou des extraits de chansons, ou encore d'assister à un spectacle en direct sur le web. Soulignons d'abord que les techniques de compression fournies par MPEG-4 sont légèrement supérieures à celles que l'on trouve dans les MPEG 1 et 2, mais la véritable force de MPEG-4 réside dans sa grande flexibilité, notamment en ce qui a trait au taux de transfert des données, particulièrement en temps réel[24].

II.4.3. Les normes de l'UIT-T :

1. *H.261* :

Cette norme est conçue pour les applications de visiophonie et de visioconférence afin de transmettre de la vidéo à différents débits de 64kbits (de 40kbits à 2Mbits). Le format d'image peut être QCIF avec une fréquence d'images de 10 image ou CIF avec une fréquence d'images de 15 image /s. La norme H.261, comme les autres normes MPEG, décompose une scène vidéo en quatre couches : images, groupes de blocs (GOP), macroblocs (MB) et blocs. Les macroblocs sont encodés en mode intra ou inter [25].

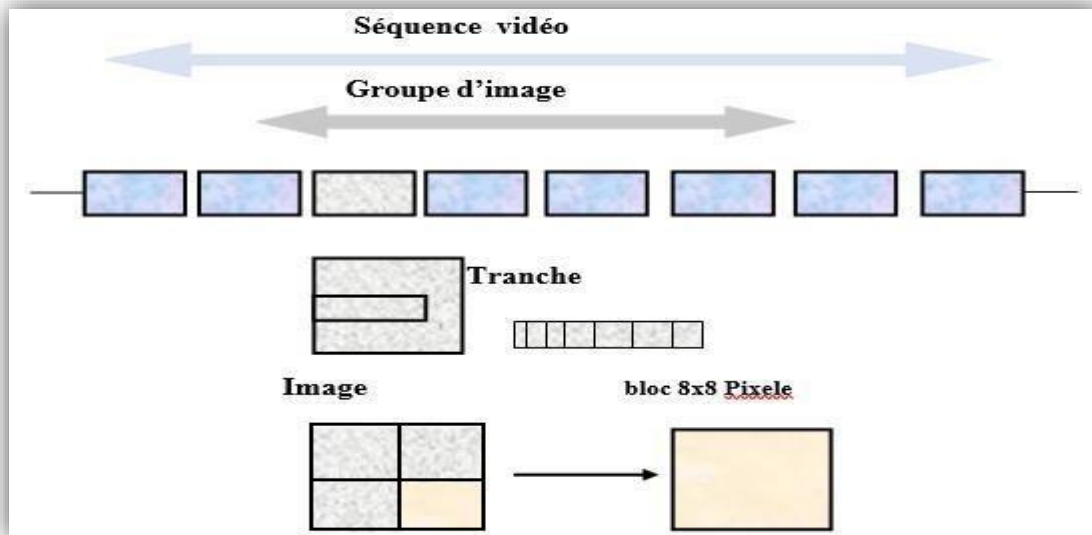


Figure II.11: Hiérarchie des données dans le flux vidéo.

2. La norme H.262\ MPEG 2 :

Créée en 1994, la norme a introduit de nouvelles propositions pour répondre aux contraintes du MPEG 1. Deux nouveaux formats ont été créés : SIF NTSC (30 image/s, résolution 360x242, échantillonnage 4:2:0) et SIF PAL/SECAM (25 image /s, résolution 360x242, échantillonnage 4:2:0), et les formats QCIF et CIF. MPEG2 permet également différents formats de couleurs : 4:4:4, 4:2:2, 4:1:1 et 4:2:0 précédemment utilisés dans MPEG1, dans MPEG2 trois types d'images différents sont nécessaires pour effectuer l'encodage avec un minimum erreur de propagation différentielle et codage bidirectionnel [26] [27] :

1) Les images I(I-Frames) :

Ce sont des images de référence compressées de manière indépendante, sans référence à une autre image, qui contiennent tous les macros blocs de la DCT. Le taux de compression des images I est le plus faible car il fait seulement l'objet d'un codage de type JPEG. Ces images représentent le point d'entrée obligatoire à une séquence.

2) Les images P(P-Frames):

Ces images sont codées en tenant compte des images « I » ou « P » prédites précédentes. On ne pourra pas multiplier indéfiniment le nombre d'images « P » entre deux images « I », car, étant utilisées pour coder d'autres images « P » ou « B », elles propagent en l'amplifiant toute erreur de codage. Leur taux de compression est nettement plus important que les images « I » car on ne code plus que l'erreur de prédiction qui est normalement moins riche en détails fins que l'image d'origine.

3) Les images B(B-Frames) :

Elles sont obtenues par interpolation bidirectionnelle entre les images « I » et « P » qui les entourent. Elles ont le taux de compression le plus élevé car l'erreur de prédiction est encore plus faible que pour les images « P ». Ces images ne sont pas utilisées pour définir d'autres images : elles ne propagent donc pas les erreurs.

4) Structure de GOP :

À partir de ces images I, B et P, on forme des Groupe d'Images (GOP, Group Of Pictures). Le GOP commence par une image I, suivie de quelques images P espacées et entre lesquelles se placent les images restantes qui sont de type B. La fin du GOP se situe à la dernière image précédant immédiatement une nouvelle image I.

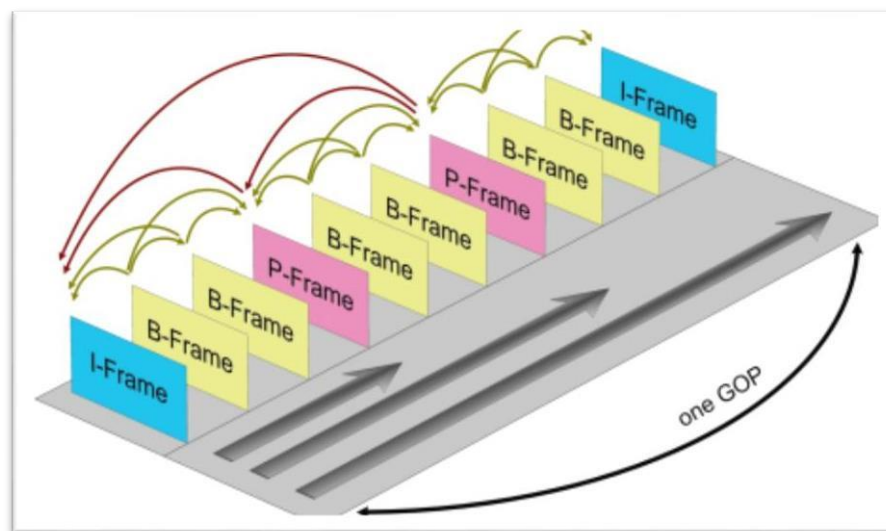


Figure II.12 : Structure d'un GOP

3. H.263 :

La norme H.263 est utilisée pour les applications à faible débit (moins de 64kbit/s) et a une structure similaire à H.261, mais avec une efficacité supérieure. L'encodeur de cette norme utilise le format QCIF, SQCIF et CIF en option, 4CIF (576*704 pixels) 16CIF (1152*1408 pixels), et la fréquence d'images est la même que H.261. La norme a été affinée à plusieurs reprises, aboutissant à d'autres versions, telles que H.263+, qui implémente 12 options supplémentaires et personnalise le format et la fréquence d'images. Et la version H.263++, qui ajoute 3 options et une compression améliorée par rapport à la version précédente pour une utilisation en temps réel [28].

4. La norme H.264/AVC :

C'est une deuxième collaboration entre l'ITU-T et l'ISO/IEC suite au H.262 qui présentait les mêmes caractéristiques que le MPEG2, sauf qu'il est utilisé dans des applications à faible débit

binaire. Cette norme constitue une nette amélioration par rapports aux normes vidéo antérieures sur le plan de la qualité de l'image, de la compression, de l'efficacité et de la robustesse.

La chaîne de codage vidéo H.264/AVC est illustrée par la Figure (II.13). Deux types de prédiction sont principalement appliqués : une prédiction intra et une prédiction inter Le H.264/AVC partage, en cela, un large héritage avec le MPEG2[30].

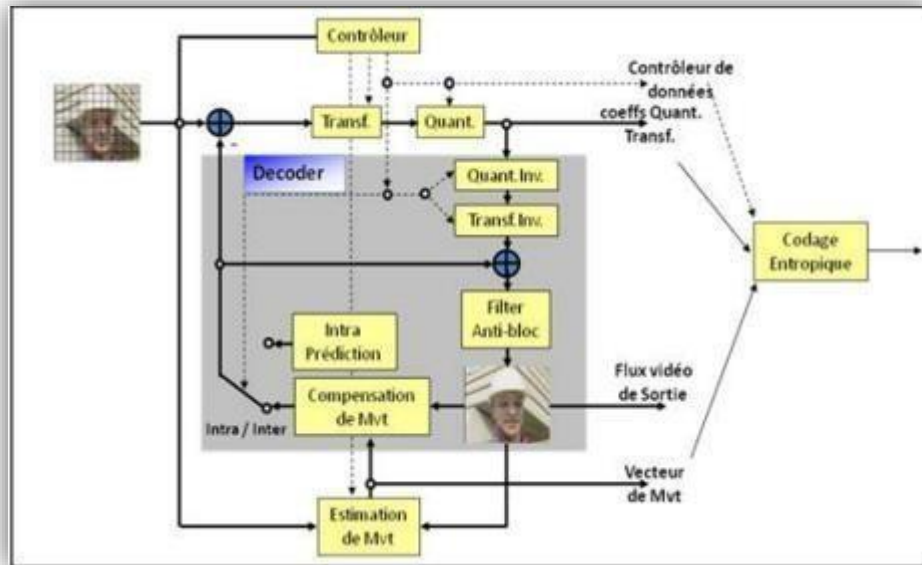


Figure II.13 : Chaîne de codage H.264/AVC

Chaque image d'une séquence vidéo est divisée en macroblocs de dimension fixe qui couvrent une zone rectangulaire de l'image de 16x16 échantillons de luminance et de 8x8 échantillons des deux composants de chrominance. Ce découpage en macroblocs a été adopté dans toutes les normes de codage vidéo précédentes de l'UIT-T et de l'ISO/IEC depuis le standard H.261. Les tranches sont, ensuite, formées d'une séquence de macroblocs qui peuvent être décodés indépendamment et transmises dans l'ordre de balayage de l'image. Par conséquent, l'image est un ensemble d'une ou de plusieurs tranches illustrées dans la figure II.16.

La norme H.264/AVC utilise trois types d'images : I, P et B. Pour les images de type I, tous les macroblocs sont prédits spatialement vu qu'ils n'ont pas une image (t-1) reconstruite antérieure. Par ailleurs, des images pré-codées peuvent être utilisées pour obtenir l'image prédite pour les macroblocs des images de types P et B à codage prédictif [31]

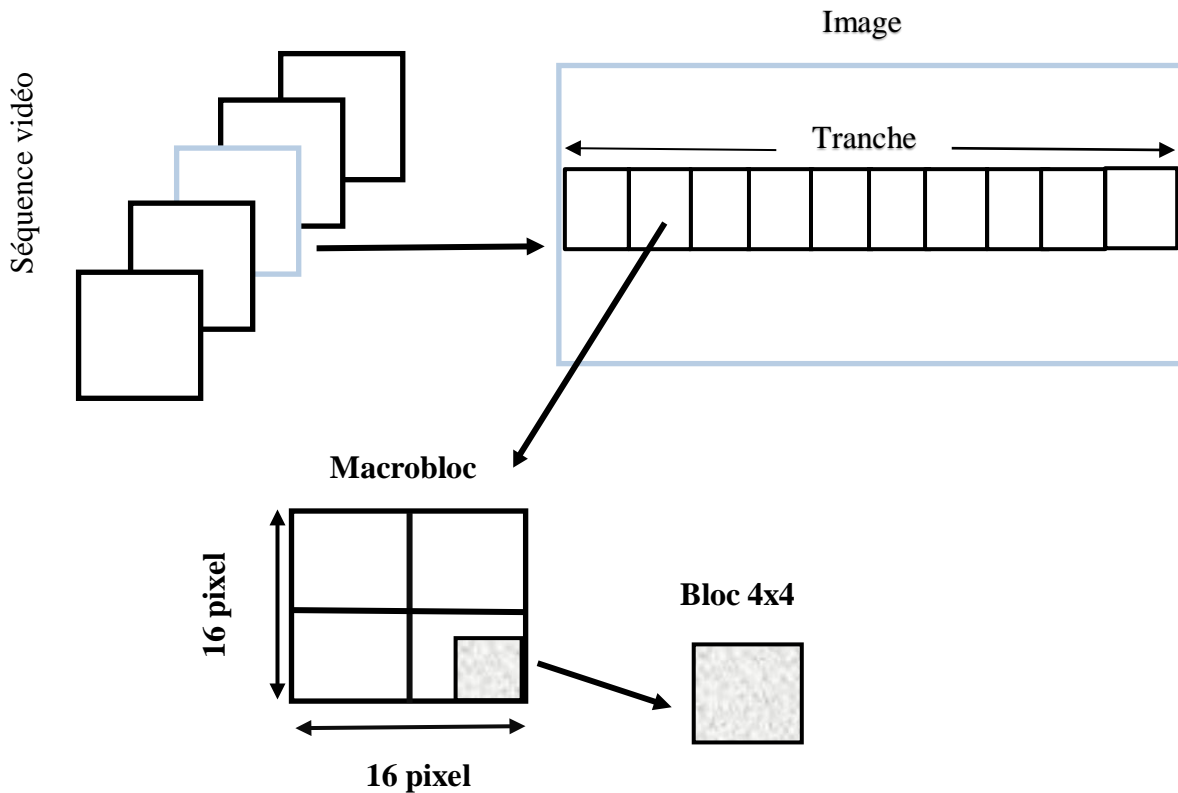


Figure II.16: Répartition d'une séquence vidéo de la norme H.264

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu que la compression d'une source vidéo passe par plusieurs étapes pour éliminer les différentes redondances qui peuvent exister dans une source d'information vidéo. Pour une bonne représentation d'image, les modèles les plus utilisés sont RGB et YUV. Toutefois, nous avons notés que la représentation Y UV est plus avantageuse en termes de taux de compression qu'elle peut offrir. Nous concluons que les méthodes de compression ont été développées étape par étape jusqu'à ce qu'elles aient une grande concurrence entre elles pour donner le meilleur format de compression en maximisant la réduction de taille et en minimisant la perte de données. Dans le prochain chapitre, nous allons aborder la norme HEVC qui est le successeur de H.264, où nous allons expliquer ce codec et ses caractéristiques car elle est la substance de l'évolution de toutes les normes antérieures.

Références bibliographiques

- [1] Selmi Mohammed El-Amin. Yala Mohammed, “Synthèse et étude comparative sur les méthodes de compression vidéo.,” Abou Bakr Belkaid_Tlemcen, 2017.
- [2] Konapala Prem Shankar, “Efficient Video Compression Schemes using the DCT approach,” National Institute of Technology, Rourkela, 2013.
- [3] CHENENE BOUBAKEUR, “chiffrements des vidéo numérique,” Université Mohamed Boudiaf - M’SILA, 2019.
- [4] Site web : <https://www.istockphoto.com/photo/sequence-runner-gm585305134-100361491>. Consulté le 12/04/2022.
- [5] Boucetta Aldjia, “Etude de l’effet des Transformées de Décorrélation en Compression des Images Couleurs RGB,” UNIVERSITE DE BATNA, 2010.
- [6] Site web : <http://www.latelierducable.com/tv-televiseur/yuv>. Consulté le 12/05/2022.
- [7] Site web : https://perso.telecom-paristech.fr//bloch/P6Image/Intro_couleur.pdf . Consulté le 12/05/2022.
- [8] Site web : https://www.researchgate.net/figure/RGB-to-YCrCb-Conversion_fig2_304625497. Consulté le 12/05/2022.
- [9] OUAMRI Mokhtar. Sécurité et compression de l’information multimédia. Published online 2015.
- [11] Cours du module Télévision numérique, le professeur Boumehrez Farouk, MasterSystème de Télécommunication, Université Abbes Laghrour Khenchela.
- [12] Shi YQ, Sun H. Image and Video Compression for Multimedia Engineering: Fundamentals, Algorithms, and Standards, Second Edition. 2017.
- [13] Wahiba BOUHALI, “Optimisation D’une Chaîne de Transmission Vidéo sur Réseau IEEE 802.11g,” Université Abderahmane MIRA - BEJAIA -, 2012
- [14] Hanzo L, Cherriman PJ, Streit J. Video Compression and Communications: From Basics to H.261, H.263, H.264, MPEG4 for DVB and HSDPA-Style Adaptive Turbo-Transceivers: Second Edition; 2007.
- [15] Site web : <https://blog.ariase.com/box/faq/4k-definition>. Consulté le 22/04/2022.
- [16] BOUMEHREZ Farouk, “Etude et évaluation de la qualité de service d’un streaming vidéo dans un réseau ad hoc (égale à égale),” UNIVERSITE DE BADJI MOKHTAR - ANNABA 2018.

- [17] Leyla OULAD BENSAID, “Lossy Video compression using well known mathematical functions and a limited set of reference values,” Ahmed Draria Adrar, 2016.
- [18] S. Tamanna, “Transcoding H . 265 / HEVC Video,” Blekinge Institute of Technology, 2013.
- [19] Cours du module système de multimedia , le professeur Selimane Larabi, Master RSD
Université Houari Boumediene Alger.
- [20] Site web :<https://danjean.developpez.com/video/signal-video-numerique/>.
- [21] F. Luis and G. Moncayo, H.264 and MPEG-4 Video Compression. 2003.
- [22] V. L. Iain E. Richardson, “VIDEO COMPRESSION CODECS: A SURVIVAL GUIDE,”no. 47. p. 4809, 2017.
- [23] Lella Aycha AYADI, “Etude et Implémentation du Processus de Filtrage de la norme H.264sur FPGA.”
- [24] F. Paré and F. Paré, “Documentation et bibliothèques Les normes MPEG : de la compression à la gestion intégrée des contenus multimédias MPEG Standards” pp. 12–21, 2022.
- [25] ITU, ITU-T H.261 : Video codec for audiovisual services at p x 64 kbit/s,” 1993.
- [26] A. Mohamed, “Mohamed, Abdelatif. 2015. “Etude et Simulation d ’ Une UPS Hybride Remerciements.”Etude et simulation d ’ une UPS hybride Remerciements,” 2015.
- [27] Site web https://www.benoitmichel.be/perso/infographie/info_ch6.htm.
- [28] Site web : <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.263-200501-I/fr>.
- [29] K. R. K. D. N. H. J. J. Rao, Video coding standards: AVS China, H.264/MPEG-4 PART10, HEVC, VP6, DIRAC and VC-1. 2014.
- [30] Site web: https://www.researchgate.net/figure/Schema-de-codage-principal-du-standard-H264_fig5_44962103.
- [31] Karima AIT SADI, “PROTECTION DU CONTENU DANS LE STANDARD DE COMPRESSION VIDEO H.264/AVC,” UNIVERSITE BLIDA 1, 2017.

CHAPITRE III:

H.265/HEVC

(High Efficiency Video coding)

Introduction

Actuellement, il existe deux familles de normes de compression vidéo, réalisées sous l'UIT-T, Anciennement l'International Telegraph and Telephone Consultative (CCITT) et l' (ISO). Le premier standard de compression vidéo à gagner une large acceptation était l'UIT H.261.

Dans ce chapitre, nous ferons une présentation détaillée d'un standard qui considéré relativement nouveau appelé high efficiency video coding (HEVC), également connu sous le nom de H.265 et MPEG-H Part 2.

III.1. Définition de HEVC

Le codage vidéo à haute efficacité (HEVC), est une norme de compression vidéo développé conjointement par le VCEG (Vidéo Coding Experts Group) de l'ITU et le MPEG de l'ISO. Il est désigné comme le successeur de H.264/AVC, Sa première version a été finalisée en janvier 2013. Cette norme prend de fonction les résolutions jusqu'à 8192×4320 y entendu 8K UHD. Bien que les résultats d'efficacité de la compression varient en fonction du type de contenu et des paramètres du codeur, à des débits binaires de distribution vidéo typiques du consommateur.

À un niveau identique de qualité visuelle, HEVC permet de compresser la vidéo vers un fichier qui est environ la moitié de la taille (ou la moitié du débit) d'AVC, ou lorsqu'il est comprimé sur la même taille de fichier ou débit que AVC, HEVC offre une qualité visuelle meilleure. [1-4].

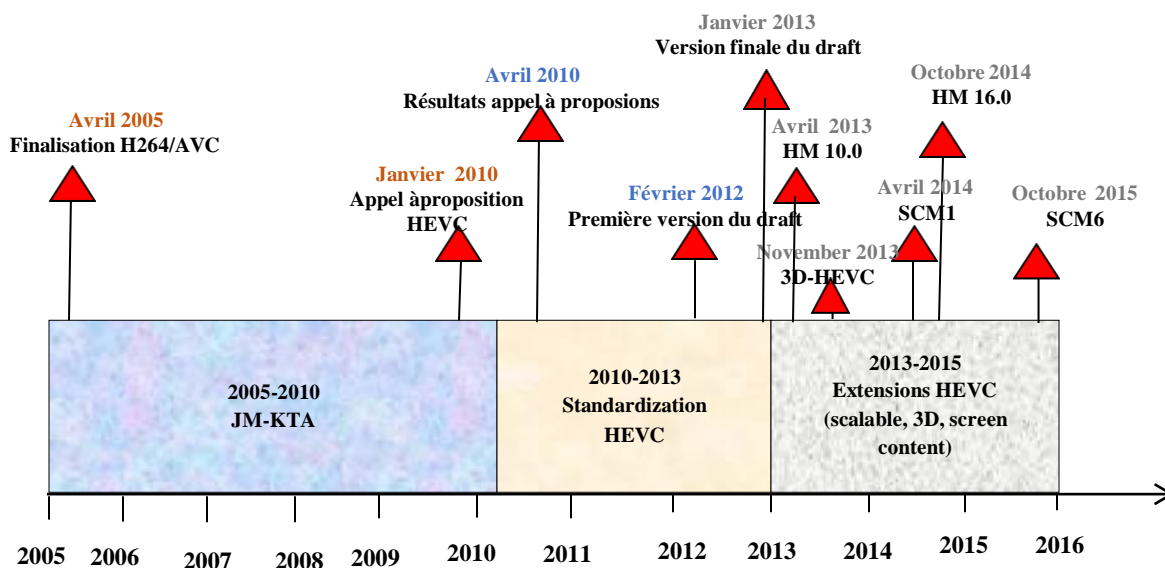


Figure III.1 : Les étapes de normalisation HEVC

III. 2. Comparaison entre les normes H.264 et H.265

Le tableau III.1 résume les principales caractéristiques de la norme de compression vidéo H.265/HEVC et de l'ancienne norme H.264/AVC [5].

Catégorie	H.264	H.265
Nom	MPEG 4 Part 10 AVC	MPEG-H, HEVC, Partie
Date d'édition	2003	2013
Progression	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Successeur de la partie MPEG-2 connue sous le nom de H.222/H.262. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Successeur de H.264/AVC ou MPEG4-part 10 .
Amélioration clé	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 40% à 50% de réduction du débit binaire par rapport à la partie MPEG-2. ▪ Des sources haute résolution peuvent être livrées et diffusées en ligne 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débit binaire inférieur de 40 à 50 % avec la même qualité visuelle par rapport au H.264. ▪ Nous prévoyons de mettre en œuvre l'ultra haute résolution, 2K et 4K pour le streaming et la diffusion en ligne (OTT).
Spécification	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prise en charge jusqu'à 4K (4096 × 2304) ▪ Prend en charge jusqu'à 59,94 ips 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jusqu'à 8K UHD TV (8192 × 4320) ▪ Prend en charge jusqu'à 300 ips

❖ **tableau III.1** : Comparaison entre les normes H.264 et H.265.

III.3. Version et profil

Jusqu'à l'année 2022, il existe huit versions de la spécification HEVC. La plupart des mises à jour ont introduit de nouveaux profils, comme indiqué ci-dessous. Dans un nom de profil qui se termine par un nombre, ce nombre indique la profondeur de bits maximale par canal pour la représentation des couleurs. Si un profil n'inclut pas d'indication de chrominance et n'est pas destiné à une image monochrome, le profil est limité à la prise en charge de la chrominance 4:2:0 [6-7].

Version 1: (04/2013) Version 1 of the HEVC specification a introduit les profils Main, Main Still Picture et Main 10. Ceux-ci sont tous limités au format de chrominance 4:2:0. Les profils Main et Main Still Picture sont limités à 8 bits par canal de couleur.

Version 2: (10/2014) Version 2 of the HEVC specification a introduit un grand nombre de profils, dont la plupart ont étendu la prise en charge de la profondeur de bits et/ou de la chrominance et sont souvent désignés comme un groupe, sous le nom de profils Range Extension (RExt). Les profils 4:2:2

répondent aux besoins de la vidéo capturée par une caméra pour la diffusion. Les profils 4:2:0 et 4:2:2 avec une profondeur de bit de 12 répondent aux attentes des équipements et services à ultra-haute définition (UHD), pour lesquels la prise en charge de la vidéo à gamme dynamique élevée (HDR) est nécessaire.

Version 3: (04/2015). Version 3 of the HEVC spécification Introduit un seul profil . Été étendu pour prendre en charge une représentation efficace des formats vidéo multivues et 3D basés sur la profondeur [10]. Spécification d'une syntaxe et d'un processus de décodage associé pour un codage efficace de textures vidéo et de cartes de profondeur pour des applications vidéo 3D.

Version 4: (12/2016). Version 4 of the HEVC spécification introduit plusieurs nouveaux profils et défini des charges utiles supplémentaires d'informations d'amélioration supplémentaires (SEI) et des identifiants de représentation des couleurs supplémentaires. Cette révision a également corrigé divers défauts mineurs dans le contenu antérieur de la spécification.

Version 5: (02/2018). Version 5 of the HEVC spécification ajout de charges utiles de messages SEI, y compris des messages pour prendre en charge la vidéo omnidirectionnelle à 360° telle qu'utilisée dans les applications de réalité augmentée (AR) et de réalité virtuelle (VR).

Version 6: (06/2019). Version 6 of the HEVC spécification ajoute des messages SEI supplémentaires qui incluent des messages de manifeste SEI et de préfixe SEI, et des corrections à divers défauts mineurs dans le contenu antérieur. Aucun profil n'a été ajouté.

Version 7: (11/2019). Version 7 of the HEVC specification ajoute des messages SEI supplémentaires pour les informations vidéo fisheye et les régions annotées, et comprend également des corrections de divers défauts mineurs dans le contenu antérieur. Aucun profil n'a été ajouté.

Version 8:(08/2021) Version 7 of the HEVC spécification fait référence au texte intégré contenant en outre le message SEI d'information sur l'intervalle d'obturation, ainsi que quelques corrections au texte de spécification existant.

III.4. Fonctionnement de l'encodeur HEVC

HEVC a été conçu pour répondre essentiellement à tous les applications de H.264/MPEG-4 AVC et de se concentrer particulièrement sur deux questions clés : une résolution vidéo accrue et une utilisation accrue des architectures de traitement parallèles.

HEVC est basé sur la même structure que les codecs vidéo hybrides antérieurs comme H.264/AVC mais avec des améliorations à chaque étape de codage. La vidéo source, constituée d'une séquence d'images vidéo, est codée ou compressée par un encodeur vidéo pour créer un flux binaire vidéo compressé. Le flux binaire compressé est stocké ou transmis. Un décodeur vidéo décompresse le flux binaire pour créer une séquence d'images décodées [8-10].

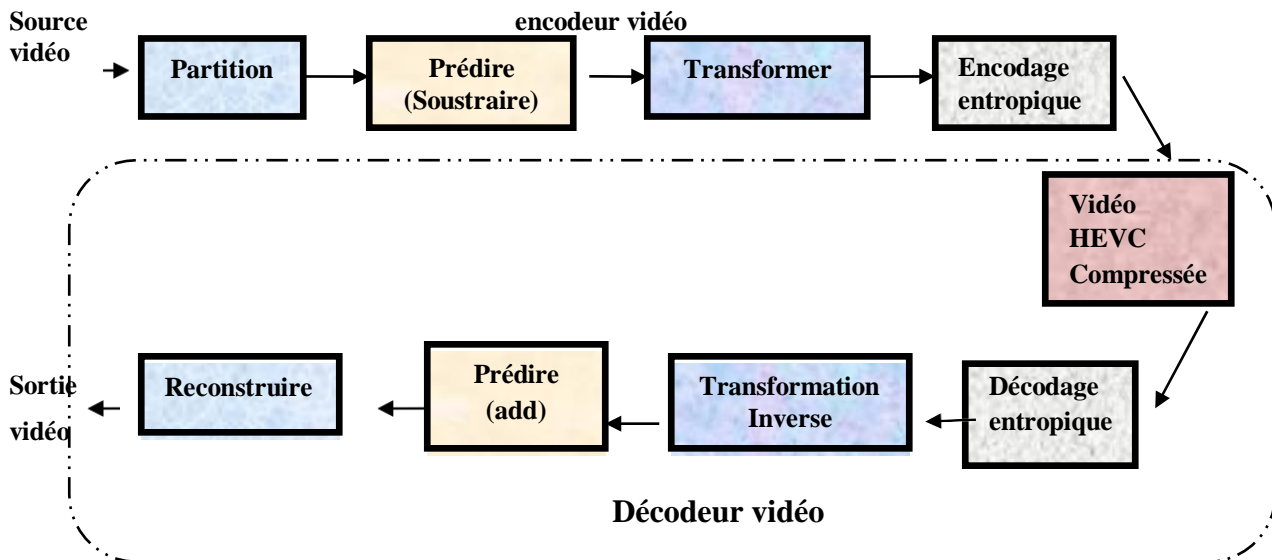


Figure III.2: Structure de HEVC encodeur et décodeur

III.5. Flux de processus de conception H.265/HEVC

Le H.265/HEVC est l'une des normes conçues pour réaliser de multiples tâches et objectifs, qui comprend également l'efficacité du codage, la facilité d'intégration du système de transport et la résilience aux pertes de données, ainsi que ont une grande capacité d'implémentations utilisant des architectures de traitement parallèles [11-12].

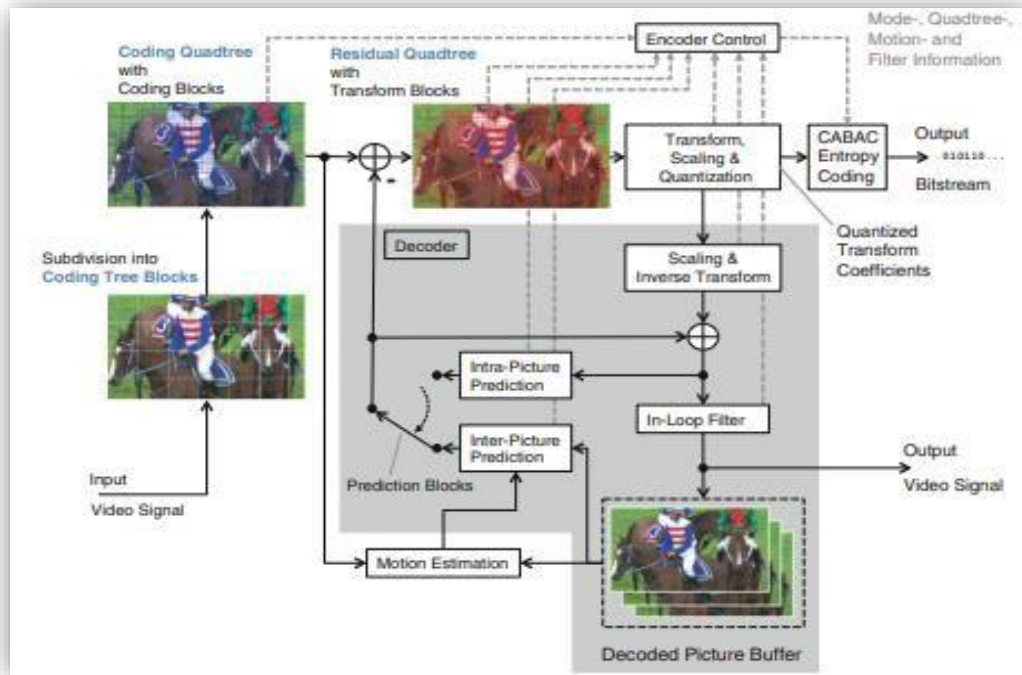


Figure III.3 : Structure de codage hybride HEVC

Le bloc d'architecture HEVC se compose de :

- Bloc Transformation Entier,
- Bloc prédiction : prédiction intra & inter
- Quantification scalaire
- Bloc codeur &
- Bloc décodeurs

Dans H.265, la vidéo source est initialement distribuée en bits de luminance et de chrominance. Ensuite, l'approximation et la vérification de l'amélioration ont utilisé l'homme pour gérer les redondances transitoires et spéciales. Par le codage de changement, la quantification et le codage d'entropie sont liés de manière séquentielle, ce qui rend enfin le flux binaire de rendement. Cela peut être utilisé pour transmettre au-dessus de la structure ou mettre de côté des gadgets de limite visuels ou attrayants. Le carré de changement de nombre entier, la pièce de prévision et les pièces de quantification scalaire.

III .6. Structure de codage HEVC

La spécification HEVC distingue le concept de block et de unit. Alors que le block désigne le bloc d'échantillons d'un seul canal couleur (par exemple la luminance Y), le concept d'unit correspond aux blocs co-localisés dans chaque composante YUV, soit un bloc de pixels

Dans les précédents standards développés par l'ITU-T et l'ISO/IEC, les images d'une séquence vidéo étaient partitionnées en Macroblocks de tailles 16×16 pixels uniquement, ce qui était la taille maximum comme support d'estimation/compensation de mouvement. En HEVC, la plus grande unité de codage est le CTU de taille 64×64 pixels maximum. Le CTU est ensuite décomposé en 3 types d'unités de base [13]:

III.6.1. Coding tree unit (CTU) :

Dans HEVC, chaque trame est divisée en un certain nombre d'unités d'arbre de codage au carré (CTU). En règle générale, une CTU se compose d'un bloc $N \times N$ d'échantillons à un seul composant (par exemple, des échantillons de luminance) et de deux ensembles d'échantillons de chrominance (par exemple, Cb et Cr). Dans le format 4:2:0, chaque composante de chrominance liée à une CTU se compose de $N/2 \times N/2$ échantillons. Dans le profil principal de la norme, le N maximum autorisé est de 64. Contrairement aux structures de macroblocs utilisées dans les normes précédentes, telles que H.264/AVC, les CTU dans HEVC ne sont pas seulement plus grandes, mais ont également différentes options pour leurs divisions en blocs plus petits [14-16].

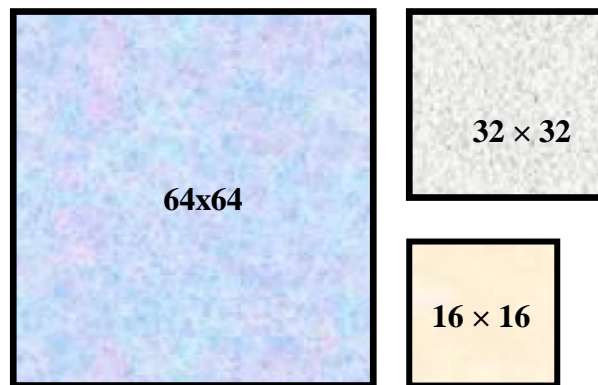


Figure III.4: Options de taille de départ luma CTU.

IV.6.2 Coding Units (CU):

CU est l'unité de base de la division de région utilisée pour le codage inter/intra. Il est toujours carré et peut prendre une taille allant de 8×8 échantillons de luma jusqu'à la taille de la LCU dont la taille peut être définie sur 64×64 , 32×32 ou 16×16 . Une approche de division récursive basée sur un arbre quadruple est conçue pour partitionner une LCU en quatre blocs de taille égale avec la limitation d'une SCU avec sa taille minimale autorisée de 8×8 . Un paramètre de profondeur de division maximale fait référence à la profondeur de l'arbre quadruple de la LCU SCU [15-16].

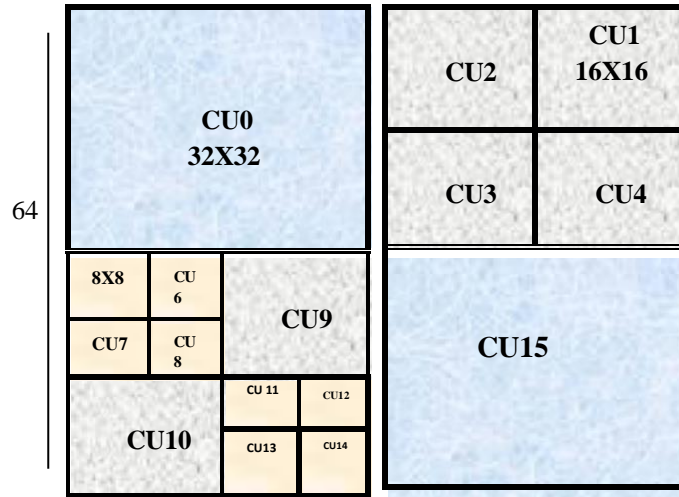


Figure III.5 : Partitionnement d'une CTU luma en CU

III.3.3 Prediction Units (PU):

PU est le résultat d'une division supplémentaire potentielle d'une CU dans le but d'avoir différents ensembles de données de prédiction, c'est-à-dire des informations de mouvement ou un mode de prédiction intra-image, pour différentes parties de la CU.

Pour les CU codées dans un mode de prédiction inter-image, huit modes de fractionnement différents sont définis comme le montre la Figure III.6.3. Cela permet une prédiction compensée en mouvement avec différentes formes rectangulaires, même étroites, c'est-à-dire lorsqu'un côté est supérieur à deux fois plus grand que l'autre côté, ce qui n'était pas possible en AVC. Ces modes sont illustrés à la Figure.III.6.3et appelés partitionnement de mouvement asymétrique. Pour les CU codées intra-image, seul un quad divisé en PUest autorisée. Cependant, les PU codées intra-image définissent uniquement le mode de prédiction intra-image, tandis que la taille de la prédiction est définie par la taille de transformée comme décrit ci-dessous [17-16].

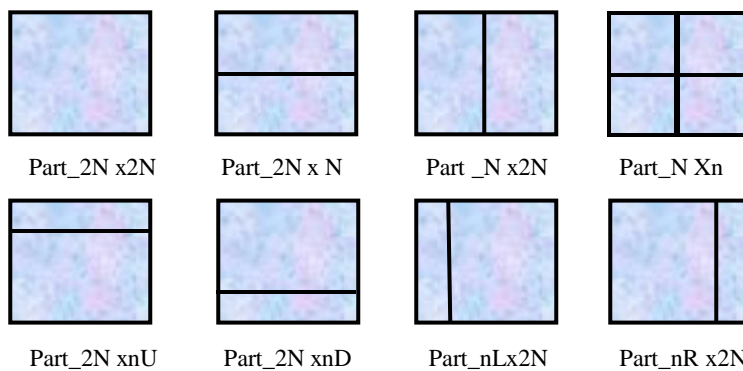


Figure III.6: modes de partitionnement pour les PU

III. 6.4 Transform Units (TU):

L'unité de transformation (TU) est l'unité de base utilisée pour les processus de transformation et de quantification. La forme TU dépend du mode de partitionnement PU. Lorsque PU est carré, TU est également carré et TU peut avoir des tailles allant de 4×4 à 32×32 échantillons luma. Lorsque PU n'est pas carré, TU peut être non carré avec ses tailles de 32×8 , 8×32 , 16×4 ou 4×16 échantillons luma. Chaque CU peut contenir une ou plusieurs TU, et plusieurs TU peuvent être agencées dans une structure à quatre arbres. [16-18].

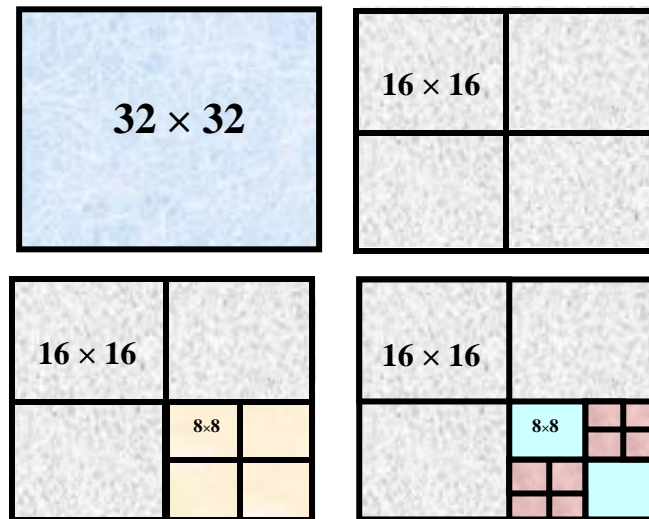


Figure III.7: partitionnement d'une CU en TU

III.7. Comparaison des principales fonctionnalités entre HEVC et AVC : [19-20].

Fonctionnalité	H.264/AVC	H.265/HEVC
Coding Tree Unit (CTU)	▪ Macroblock (MB) 16×16	▪ Choisi parmi 16×16 , 32×32 , et 64×64
Tailles de Coding Unit (CU)	▪ Seulement 16×16	▪ 8×8 , 16×16 , 32×32 et 64×64 Structure quadri arborescente
Tailles de Prediction Unit (PU)	▪ 4×4 , 8×8 et 16×16	▪ 4×4 , 8×8 , 16×16 , 32×32 et 64×64
Modes de prédiction	▪ Luma: 9, Chroma: 4	▪ Luma: 35, Chroma: 5
Tailles des unités de transformation (TU)	▪ 4×4 et 8×8 Seulement DCT	▪ 4×4 , 8×8 , 16×16 et 32×32 DCT et DST

Tableau III .2 : Une comparaison des principales fonctionnalités entre HEVC et son prédécesseur

III.8 Prédiction

III.8.1. Intra Prediction

En plus des modes de prédiction planaire et DC, la prédiction intra prend en charge 33 modes directionnels, contre huit modes directionnels dans H.264/AVC. La Figure montre les modes de prédiction intra directionnels.

La prédiction intra dans une unité de codage suit exactement l'arbre TU de sorte que lorsqu'une unité de codage intra est codée à l'aide d'un mode de partition $N \times N$, l'arbre TU est divisé de force au moins une fois, garantissant une correspondance entre l'unité de codage intra et l'arbre TU. Cela signifie que l'opération intra est toujours effectuée pour les tailles 32×32 , 16×16 , 8×8 ou 4×4 . Semblable à AVC [20-21].

III.8.2. Inter Prediction :

Le codage inter suit plusieurs étapes à savoir [22]:

▪ **Détermination du vecteur de mouvement prédit** : avant de procéder à l'estimation de mouvement, l'encodeur calcule un point de départ pour commencer la recherche afin de converger rapidement. Ce point est déterminé par le vecteur de mouvement prédit. En H264/AVC, ce vecteur est calculé par le médian de vecteurs de mouvement de MB voisins au MB courant.

Pour le HEVC, une des deux techniques suivantes est appliquée pour déterminer le vecteur de mouvement prédit :

- Le mode AMVP (Advanced Motion Vector Prediction)
- Le mode Merge.

▪ **L'estimation du vecteur de mouvement** : elle consiste à associer à chaque bloc PU de l'image courante, un vecteur de mouvement permettant de déterminer son déplacement par rapport à l'image précédente. Cela se fait par divers algorithmes de recherche.

▪ **La Compensation de mouvement** : elle permet de déterminer la CU prédite selon le vecteur de mouvement calculé. Une précision d'un quart de pixel est utilisée pour les vecteurs de mouvement et des filtres de 7 tap_coef ou 8 tap_coef sont utilisés pour interpoler les positions de pixels fractionnaires (au lieu de 6 tap_coef pour le quart de pixel dans H264/AVC). La chrominance bénéficie pour sa part d'un filtre bilinéaire d'une précision d'un 1/8 de pixel qui améliore considérablement sa prédiction.

III.9. Transformation, Quantification, Codage

HEVC utilise une transformation de codage de l'erreur de prédiction, de la même manière que la précédente norme. Le bloc résiduel est partitionné en plusieurs carrées TBs, Les tailles de blocs supportées par la transformation sont, des blocs de tailles 4 x 4, 8 x 8, 16 x 16, 32 x 32 [18].

III. 9.1 Transformation et quantification

L'opération de transformée est réalisée sur les TB avec des tailles admissibles de 4×4, 8×8, 16×16 et 32×32 pixels. Le standard HEVC définit une opération de DCT afin de calculer les coefficients résiduels à partir de la différence entre l'image source et l'image prédite. Dans le cas d'une prédiction intra sur des blocs de tailles 4×4, l'opération de DCT est remplacée par une opération de DST. Une fois les coefficients obtenus, une opération de quantification contrôlée par un Paramètre de Quantification ("QuantizationParameter") (QP) leur est appliquée. Ce QP peut prendre des valeurs entières comprises entre 0 et 51 comme dans le standard H.264/MPEG-4 AVC [23].

III.9.2 Codage entropique (CABAC)

CABAC (*Context Adaptive Binary Arithmetic Coding*) Le codage entropique est une forme de compression sans perte utilisée à la dernière étape de l'encodage vidéo (et à la première étape du décodage vidéo), après que la vidéo a été réduite à une série d'éléments de syntaxe. Les éléments de syntaxe décrivent comment la séquence vidéo peut être reconstruite au niveau du décodeur. Cela inclut la méthode de prédiction (par exemple, la prédiction spatiale ou temporelle, le mode de prédiction intra et les vecteurs de mouvement) et l'erreur de prédiction, également appelée résiduelle. [24-8].

III.10. APPLICATIONS

En ce qui concerne la compression, HEVC offre des avantages techniques et commerciaux aux applications et scénarios d'utilisation existants, y compris des utilisations à portée étendue avec une précision améliorée et une prise en charge du format couleur, un codage vidéo évolutif et un codage vidéo 3D/stéréo/multivue. De plus, les applications multi-écrans ou les services over-the-top (OTT) peuvent également bénéficier du HEVC en améliorant la qualité globale de la vidéo sur les appareils mobiles. HEVC permettant une meilleure qualité d'image à des débits inférieurs, il offrira aux amateurs de sport, par exemple, une meilleure expérience de visionnage sur les appareils mobiles. Enfin, une application 4K pour laquelle HEVC a été conçu à l'origine [26].

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu sur la norme HEVC et également discuté des différentes versions, profils et mises à jour depuis 2013. Nous avons également détaillé les différents modules et composants de la structure de cette norme, leurs améliorations ainsi leurs nouveautés par rapport à leurs homologues dans le standard H.264/AVC .

Dans le chapitre suivant, nous allons étudier la logique floue et l'intelligence artificielle

Références bibliographiques

- [1] Franche, J. F. (2016). Transcodage rapide de H. 264 à HEVC basé sur la propagation du mouvement et une traversée postfixe des unités de codage arborescent (Doctoral dissertation, École de technologie supérieure).
- [2] Nouar, M. S. (2019). Evaluation de la transmission de la vidéo compressée par la plateforme EvalVid (Master dissertation, Université Badji Mokhtar-Annaba).
- [3] El-Amin, M. S. M. Synthèse et étude comparative sur les méthodes de compression vidéo.
- [4] Amira, Y. A. H. I. (2016). Implantation de la chaîne inter-prédiction utilisée dans l'encodeur H. 264/AVC sur une plateforme multi-composants (Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar).
- [5] Farooq, Sunar & Bhaskar, P. (2017). Compression Techniques and Security Issues in Video Streaming.
- [6] Site web: <https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=13433&lang>. Consulté le 12/06/2022.
- [7] Site web: <https://www.loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/fdd000530.shtml>. Consulté le 02/05/2022.
- [8] Sullivan, G. J., Ohm, J. R., Han, W. J., & Wiegand, T. (2012). Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard. *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology*, 22(12), 1649-1668.
- [9] Site web: <https://www.vcodex.com/hevc-an-introduction-to-high-efficiency-coding/>. Consulté le 01/06/2022.
- [10] Khan, I. U., Khan, M. J., Saeed, S. H., & Mittal, N. Basics of High-Efficiency Video Coding (HEVC) and its Comparison from H. 264/AVC Video Codec.
- [11] Schwarz, H., Schierl, T., & Marpe, D. (2014). Block structures and parallelism features in HEVC. In *High Efficiency Video Coding (HEVC)* (pp. 49-90). Springer, Cham.
- [12] Savadi, A., Yanamshetti, R., & Fathima, T. Impact of Priority Based Heading One Detector on H. 265/HEVC.
- [13] Dhollande, N. (2016). Optimisation du codage HEVC par des moyens de pré-analyse et/ou de pré-codage du contenu (Doctoral dissertation, Ecole doctorale Matisse).

- [14] Wang, Y. (2016). High Efficiency Video Coding (HEVC) tools for next generation video content (Doctoral dissertation, University of Sheffield).
- [15] Wu, P., & Li, M. (2012). Introduction to the high-efficiency video coding standard. *ZTE Communications*, 10(2), 2-8.
- [16] Puri, A. (2008). Deliver High Quality, High Performance HEVC via Intel® Media Server Studio.
- [17] Bross, B., Chen, J., Ohm, J. R., Sullivan, G. J., & Wang, Y. K. (2021). Developments in international video coding standardization after avc, with an overview of versatile video coding(vvc). *Proceedings of the IEEE*, 109(9), 1463-1493.
- [18] Menasri, W. (2019). Implémentation d'un décodeur CABAC HEVC/H. 265 sur plateforme FPGA (Doctoral dissertation).
- [19] Kumar, R., Kumar, K., Mahajan, S., & Pandit, A. K. (2021). Study and implementation of K-multiple constraint shortest path for H. 265 HEVC for optimal video compression. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-16.
- [20] Zhang, Y. (2019). Algorithms and Hardware Co-design of HEVC Intra Encoders. Southern Illinois University at Carbondale.
- [21] Akramullah, S. (2014). Digital video concepts, methods, and metrics: quality, compression, performance, and power trade-off analysis (p. 368). Springer Nature.
- [22] Nejmeddine Bahri. Étude et conception d'un encodeur vidéo H264/AVC de résolution HD sur une plateforme multicœur. *Informatique et langage [cs.CL]*. Université Paris-Est, 2015. Français.
- [23] Latja, E. (2017). Parallel Acceleration of H. 265 Video Processing. School of Science Thesis submitted for examination for the degree of Master of Science in Technology. Espoo 12.5.2017
- [24] Sze, V., & Budagavi, M. (2012). High throughput CABAC entropy coding in HEVC. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 22(12), 1778-1791.
- [25] Sihag, K., & Lamba, C. S. (2016). Algorithm and architecture design of high efficiency video coding (HEVC) standard. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 5(10), 171-178.

CHAPITRE IV:

Logique floue

Introduction

Les connaissances sur lesquelles se base le raisonnement humain sont presque toujours entachées d'une quantité d'incertitudes et d'imprécisions, cette caractéristique est en réalité inhérente à l'homme et au monde puisqu'aucun de nos sens, ni de nos instruments de mesures, ne nous permet de décrire avec justesse et certitude ce que nous percevons du monde extérieur [1].

Ce chapitre présente une méthode moderne de contrôle parmi les méthodes de l'intelligence artificielle, qui est la logique floue.

IV.1. Intelligence Artificielle

L'intelligence artificielle (IA, ou AI en anglais pour Artificial Intelligence) consiste à mettre en œuvre un certain nombre de techniques visant à permettre aux machines d'imiter une forme d'intelligence réelle. L'IA se retrouve implémentée dans un nombre grandissant de domaines d'application.

La notion voit le jour dans les années 1950 grâce au mathématicien Alan Turing. Dans son livre *Computing Machinery and Intelligence*, ce dernier soulève la question d'apporter aux machines une forme d'intelligence. Il décrit alors un test aujourd'hui connu sous le nom « Test de Turing » dans lequel un sujet interagit à l'aveugle avec un autre humain, puis avec une machine programmée pour formuler des réponses sensées. Si le sujet n'est pas capable de faire la différence, alors la machine a réussi le test et, selon l'auteur, peut véritablement être considérée comme « intelligente » [2].

IV.2. La logique floue

La logique floue (fuzzy logic, en anglais) est une technique utilisée en intelligence artificielle qui a été initiée en 1965 par Lotfi A. Zadeh, professeur d'informatique à l'Université de Californie à Berkeley. Le professeur Zadeh a été le premier à présenter la logique floue comme une méthode de classification appropriée en établissant des principes de base. À l'origine, la logique floue était désignée comme un algorithme de classification utilisé pour l'analyse de données, en particulier dans des domaines tels que le commerce et la médecine. Cependant, le principe de raisonnement inspiré du raisonnement humain a attiré Marndani, qui a introduit le concept de logique floue dans le domaine du contrôle en 1974.

Le mot flou signifie des choses qui ne sont pas très claires ou vagues. Dans la vraie vie, tout le monde se retrouve dans une situation où il ne peut pas décider si une affirmation est vraie ou fausse. Chaque fois qu'un tel scénario se présente, la logique floue offre une flexibilité précieuse pour le raisonnement en considérant les incertitudes de la situation.

La logique floue aide à résoudre un problème particulier après avoir examiné toutes les données disponibles, puis pris la décision appropriée. La méthode de la logique floue émule la manière humaine de prendre des décisions, qui considère toutes les possibilités entre les valeurs numériques du Vrai et du Faux [3-6].

IV.3. Historique

- 1965, naissance du concept flou avec le Pr. Zedeh Lofti (Californie) « Un contrôleur électromécanique doté d'un raisonnement humain serait plus performant qu'un contrôleur classique. » Théorie des « sous-ensembles flous ».
- 1970, Premières applications: Systèmes experts, Aide à la décision en médecine, commerce...
- 1973, Zadeh introduit la notion de variables linguistiques.
- 1974, Mamdani (Londres) réalise un contrôleur flou pour moteur à vapeur.
- 1985, Les premiers, les japonais introduisent des produits grand public « Fuzzy Logic Inside ».
- 1990, Généralisation de l'utilisation de cette technique.
- 1995 J. S. R. Jang Logique floue élargie aux systèmes à réseaux de neurones et l'Intelligence Artificielle[7-8].

IV.4. Logique floue et logique classique

Dans la logique classique, les variables gérées sont Booléennes. C'est à dire qu'elles ne prennent que deux valeurs 0 ou 1. Par exemple, la logique classique peut facilement partitionner les personnes par âge, les personnes âgées de moins de 30 ans sont systématiquement jeunes et les plus de 50 ans sont âgées, sans pour autant que, cette classification soit logique. La logique floue a pour but de raisonner à partir de connaissances imparfaites qui opposent résistance à la logique classique. Pour cela la logique floue se propose de remplacer les variables booléennes par des variables flous. Dont les variables peuvent prendre n'importe quelle valeur comprise entre 0 et 1, permet de tenir compte du passage progressif de l'individu d'un âge à un autre, on parle alors, de fonction d'appartenance u . La figure IV.1 (4) montre une classification possible ; une personne de 25 ans appartient à l'ensemble (jeune) avec une valeur $u=0.75$ de la fonction d'appartenance, et à l'ensemble (entre deux âges) avec $u=0.25$. par contre une personne de 70 ans appartient avec une valeur $u=1$ de la fonction d'appartenance à l'ensemble (âge) [9-10].

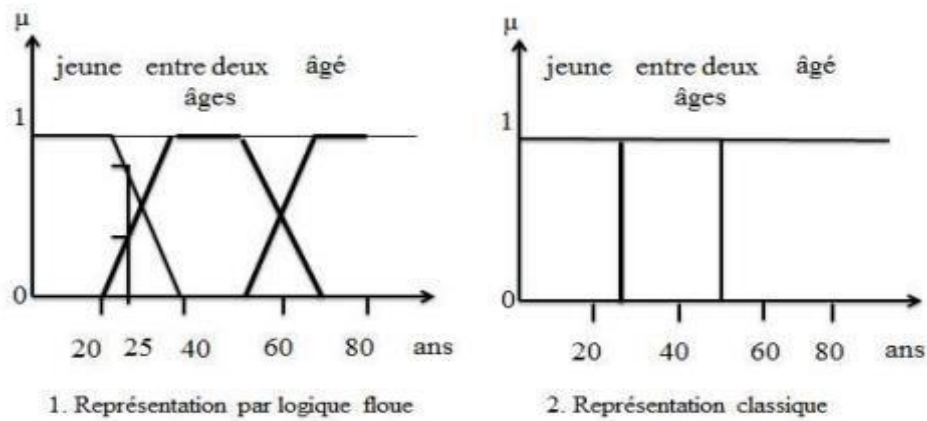


Figure IV.1: Classification des personnes par âge en trois sous-ensembles [Zadeh, 1984]

IV.5. Les concepts principaux de la logique floue

IV.5.1. les ensembles flous :

La théorie des ensembles flous est une théorie mathématique dont l'objectif principal est la modélisation des notions vagues et incertaines du langage naturel. Cette théorie permet d'exprimer l'idée d'une appartenance partielle d'un élément à un ensemble.

Dans la théorie classique des ensembles, un sous-ensemble A de B est défini par une fonction d'appartenance $\mu_A(x)$ qui caractérise tout élément x appartenant à B. Cette fonction prend la valeur 1 si x appartient à A et la valeur 0 dans le cas contraire

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in A \\ 0 & \text{si } x \notin A \end{cases}$$

En logique floue, un sous-ensemble flou A de B est défini par une fonction d'appartenance $\mu_A(x)$ pouvant prendre différentes valeurs comprises entre 0 et 1, selon le degré d'appartenance de l'élément x au sous-ensemble A [11-12].

$$\mu_A(x) \in [0 \ 1]$$

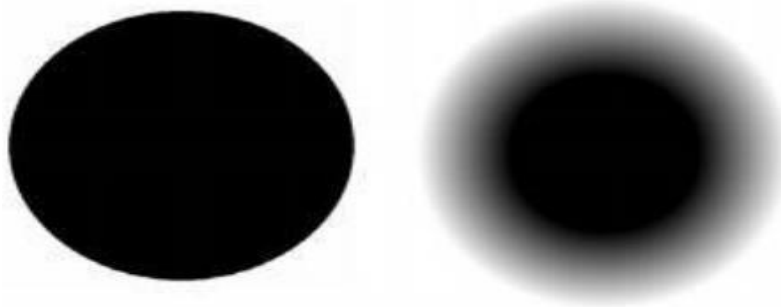


Figure IV.2: Représentation graphique d'un ensemble classique et d'un ensemble flou

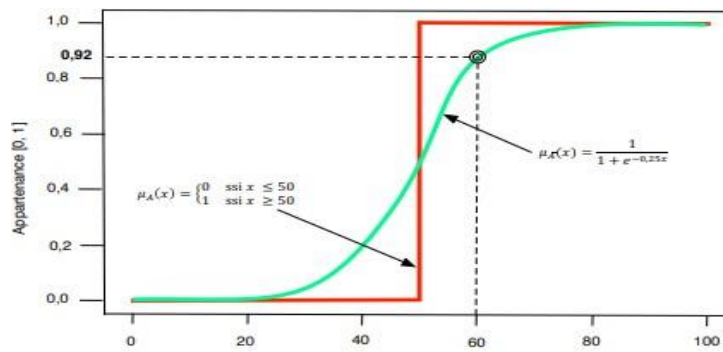


Figure IV.3: Fonctions d'appartenance d'un sous-ensemble flou et de d'un ensemble classique

IV.5.2. Univers de discours:

C'est l'ensemble des valeurs réelles (l'intervalle numérique) qui peut prendre la variable floue, en général l'univers de discours est noté par des lettres en majuscule « U, W ... ». Les valeurs linguistiques seront alors projetées dans l'univers de discours pour définir le sous ensemble associé à chaque valeur linguistique.

L'univers de discours représente l'ensemble de référence ou le domaine de variation de la variable linguistique, ou domaine de fonctionnement du processus dans le cas de réglage, comme illustré sur la figure (III.4) dont plusieurs sous-ensembles sont décrits par des fonctions d'appartenance (FA) triangulaires et trapézoïdales [13-14].

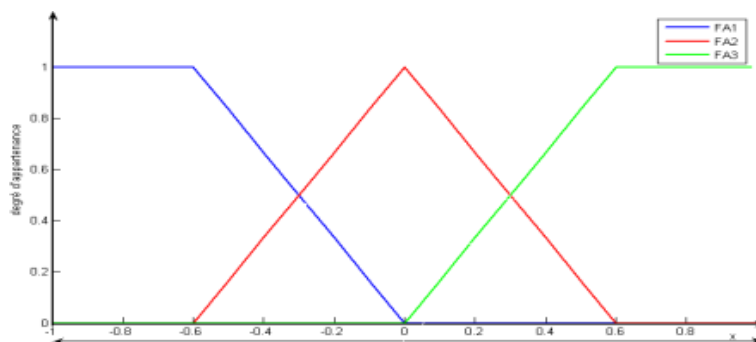


Figure IV.4: Univers de discours normalisé uniforme de 3 ensembles

IV.5.3. Les valeurs linguistiques :

La logique floue se repose sur des variables floues dites variables linguistiques à valeurs linguistiques dans l'univers de discours U.

Une variable linguistique, comme son nom l'indique, est une variable dont les valeurs sont des mots ou des expressions dans un langage naturel ou artificiel. Une variable linguistique comme son nom le suggère, est une variable définie à base de mots ou des phrases au lieu des nombres. En effet, la description d'une certaine situation, d'un phénomène ou d'un procédé contient en général des expressions floues comme "quelque, beaucoup, souvent, chaud, froid, rapide, lent, grand, petit

...etc.". Ce genre d'expressions forme ce qu'on appelle des variables linguistiques de la logique floue.

La variable linguistique est souvent caractérisée par le triplet suivant [15-16]:

- **x**: le nom de la variable linguistique (ex ; âge, température, erreur, etc...).
- **L(x)**: l'ensemble des valeurs ou variables linguistique que peut être prendre la variable x (ex ; pour la variable température ; $L(x) = \{\text{très chaud, chaud, tiède, froid, très froid}\}$).
- **X** : univers de discours de x est un sous ensemble des réels, regroupe l'intervalle numérique que peut correspondre à la variable linguistique.

IV. 5.4. Fonctions d'appartenance :

On représente les variables linguistiques par leurs fonctions d'appartenances. Donc à chaque sous-ensemble flou A_i est associé une fonction d'appartenance $\mu_{A_i}(x)$ où x est la variable linguistique. Tel que, à chaque point x est associé une valeur précise de $\mu_{A_i}(x)$, qui désigne, le degré d'appartenance de x à .

La fonction d'appartenance peut être représentée par plusieurs formes : Triangulaire, trapézoïdale, sigmoïdale et gaussienne. On peut définir d'autres formes de fonctions d'appartenance mais dans le réglage par logique floue, les formes déjà citées et illustrées sur la figure (IV.5) sont largement suffisantes pour délimiter les ensembles flous[17] .

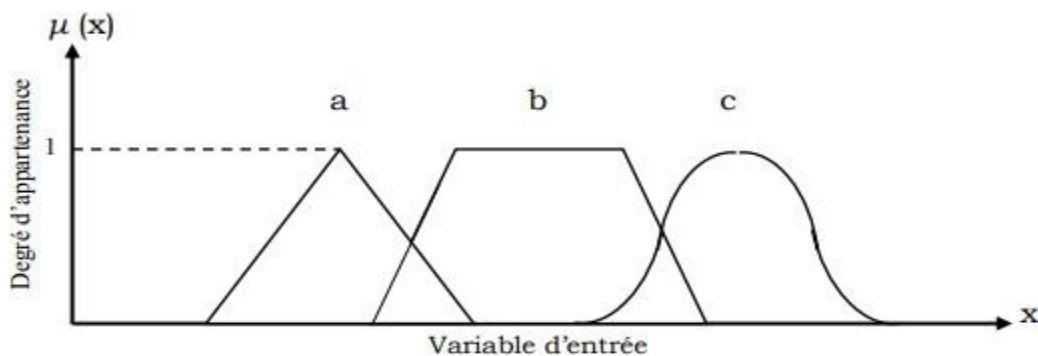


Figure. IV.5: Exemple de fonctions d'appartenance

- a) Fonction triangulaire.
- b) Fonction trapézoïdale.
- c) Fonction gaussienne.

IV.5.5 Opérateurs de la logique floue :

Supposons que A et B sont deux sous-ensembles flous définis dans un univers du discours U par les fonctions d'appartenance $\mu_A(x)$ et $\mu_B(x)$. On peut définir des opérations ensemblistes telles l'union, l'intersection et de complémentarité peuvent être appliquées aux ensembles flous. Leur définition n'est pas unique. Dans la littérature, il existe de nombreuses variantes pour ces

opérateurs [Lee-93]. Le tableau suivant donne deux ensembles d'opérateurs pour le complément (NON), l'intersection (ET) et l'union (OU) [18].

D'énomination	Intersection ET : $\mu A \cap B(x)$	Réunion OU : $\mu A \boxplus B(x)$	Complément NON : $\mu A^{-}(x)$
Opérateurs de Zadeh MIN/MAX	$\min(\mu A(x), \mu B(x))$	$\max(\mu A(x), \mu B(x))$	$1 - \mu A(x)$
Probabiliste	$\mu A(x) \times \mu B(x)$	$\mu A(x) + \mu B(x) - \mu A(x) \times \mu B(x)$	$1 - \mu A(x)$

Tableau IV.1: Exemple d'opérateurs flous

IV.7 Structure générale d'un système Flou :

Chaque système basé sur la logique floue est composé de quatre blocs principaux [19]

- Base de connaissance : règles et paramètres des fonctions d'appartenance.
- Bloc de décision ou le moteur d'inférence : inférence des opérations sur les règles.
- Fuzzification : transformation des entrées précises en degrés d'appartenance.
- Défuzzification : transformation des résultats flous en sorties précises.

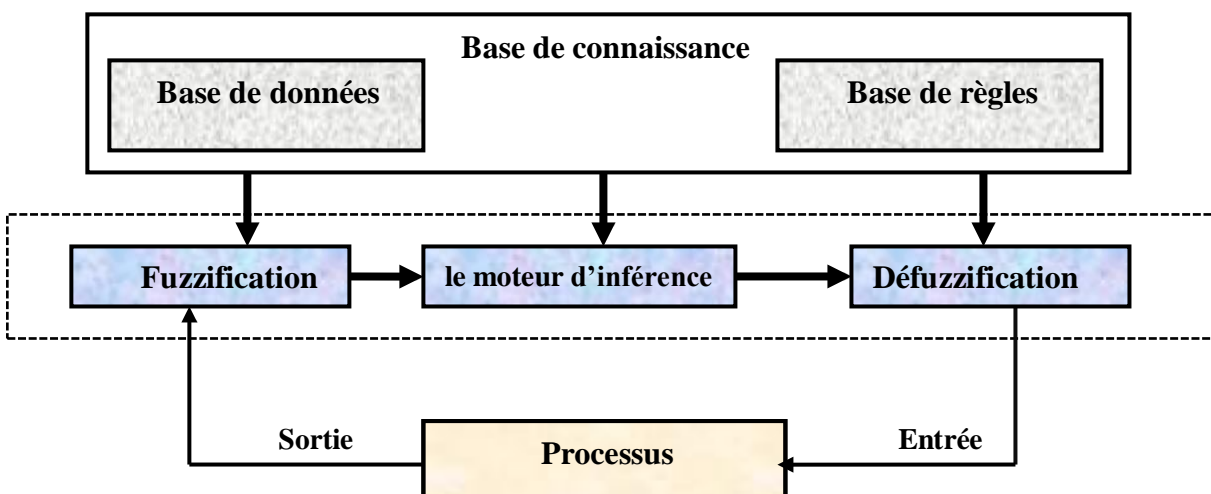


Figure IV.6: Structure générale d'un système basé sur la logique floue

IV. 7.1 Fuzzification:

La fuzzification est l'étape de passage d'une grandeur physique en une variable floue ou variable linguistique. Elle consiste à définir le degré d'appartenance avec lequel la mesure de la variable physique appartient à un ensemble flou donné sur l'univers de discours[20][21][22].

Le bloc de fuzzification effectue les fonctions suivantes :

- Définition des fonctions d'appartenance de toutes les variables d'entrées.

- Transformation des grandeurs physiques (réelles ou numériques) à des grandeurs linguistiques ou floues.
- Représentation d'échelle transférant la plage des variables d'entrées aux univers de discours correspondants.

IV. 7.2 Base de règle floue :

La base de règles floues, ou base de connaissances, contient les règles floues décrivant le comportement du système ; elle est le cœur du système entier dans le sens où tous les autres composants sont utilisés pour interpréter et combiner ces règles pour former le système final. Ces règles peuvent être fournies par un expert ou peuvent être extraites de données numériques. Dans les deux cas, les règles prennent la forme « si prémisse Alors conclusion ». D'une manière générale, la base de règles d'un système flou doit respecter les conditions de complétude et de consistance afin d'assurer le bon fonctionnement de ce dernier [23].

7.3 Règles d'inférence floue:

C'est une base de connaissances qui contient les règles floues décrivant le comportement du système. L'ensemble des règles se présente sous la forme d'une énumération de type [11]:

- Si condition 1 et/ou condition 2 (et/ou...) alors action sur les sorties
- Si condition 3 et/ou condition 4 (et/ou...) alors action sur les sorties
- Si condition 5 et/ou condition 6 (et/ou...) alors action sur les sorties

IV.7.4. Moteur d'inférence :

Il transforme à l'aide des techniques de raisonnement flou, la partie floue issue de la fuzzification en une nouvelle partie floue, afin d'évaluer le degré de vérité d'une règle i à partir des fonctions d'appartenances liées à la prémisse et la conclusion. L'agrégation des n règles s'effectue en combinant les différentes règles floues à l'aide de l'opérateur OU [24].

IV. 7.5. Défuzzification :

La défuzzification consiste à transformer l'ensemble flou résultant de l'agrégation des règles en une grandeur de commande précise[25].

IV.8 Le raisonnement flou

Le système d'inférences utilise un raisonnement flou pour délivrer un résultat final d'identification. Ce raisonnement fait référence aux concepts suivants : la proposition élémentaire floue, la proposition générale floue, les règles floues, les inférences floues et les relations floues [26].

IV.9. Les domaines d'applications

La logique floue a potentiellement de nombreuses applications dans tous les domaines. A titre d'exemples, nous citons les domaines d'applications suivants [27-28]:

- Appareils électroménagers (lave-linge, aspirateurs, autocuiseurs, etc.).
- Systèmes audio-visuels (appareils de photos autofocus, caméscope à stabilisateur d'images, photocopieurs, ...).
- Systèmes automobiles embarqués (BVA, ABS, suspension, climatisation, ...etc.).
- Systèmes autonomes mobiles.
- Systèmes de conditionnement d'ambiance.
- Systèmes de décision, diagnostic, reconnaissance.
- Systèmes de contrôle/commande dans la plupart des domaines industriels de production, transformation, traitement de produit et déchet.
- Contrôle automatique des vannes de barrage pour centrales hydroélectriques (Tokyo Electric Power.)
- Contrôle simplifié des robots (Hirota, Fuji Electric, Toshiba, Omron)
- Caméra visant la télédiffusion d'événements sportifs (Omron)
- Contrôle efficace et stable des moteurs de voitures (Nissan)
- Régulateur de vitesse pour automobiles (Nissan, Subaru)
- Système d'archivage pour documents (Mitsubishi Elec.)
- Système de prévision pour la reconnaissance précoce des tremblements de terre (Bureau de sismologie de métrologie, Japon)
- Technologie de la médecine : diagnostic du cancer (École de médecine de Kawasaki)

IV.9. Avantages et inconvénients du réglage par la logique floue

Les avantages essentiels sont [HAN 94] [29] :

- Le non nécessité d'une modélisation du système à régler.
- La possibilité d'implémenter des connaissances (linguistique) de l'opérateur processus,
- La maîtrise du système à régler avec un comportement complexe (fortement non linéaire et difficile à modéliser).
- L'emploi possible aussi pour les processus rapides (grâce à des processeurs dédiés).

Par contre les inconvénients sont :

- Le manqué de directives précises pour la conception d'un réglage (choix des grandeurs à mesurer, détermination de la fuzzification, des inférences et de la défuzzification).

- L'approche artisanale et non systématique (implementation des connaissances de l'opérateur, est souvent difficile). L'impossibilité de la démonstration de la stabilité du circuit dérèglement en toute généralité (en l'absence d'un modèle valable).
- La précision de réglage souvent peut élever.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé principalement une technique de commande intelligente c'est la logique floue. La puissance de la logique floue vient de sa capacité à décrire un phénomène ou processus particulier de façon linguistique, puis de représenter ce phénomène par un faible nombre de règles. Nous l'utiliserons dans la transmission des séquences vidéos dans un réseau sans fil.

Références bibliographiques

- [1] Oussama, B. E. N. (2016). Etude Comparative en Simulation entre un Régulateur PID Classique et un Régulateur PID Intelligent (Doctoral dissertation, Université de MBOUDIAF M'SILA faculté de technologie).
- [2] Site web :<https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-intelligence-artificielle-555/> . Consulté le 01/05/2022
- [3] Kok, J. N., Boers, E. J., Kusters, W. A., Van der Putten, P., & Poel, M. (2009). Artificial intelligence: definition, trends, techniques, and cases. *Artificial intelligence*, 1, 270-299.
- [4] HELLMANN, Martin. Fuzzy logic introduction. Université de Rennes, 2001, vol. 1, p. 1-9.
- [5] Site web: <https://www.mygreatlearning.com/blog/fuzzy-logic-tutorial/> Consulté le 01/05/2022
- [6] Dote, Y. (1995, November). Introduction to fuzzy logic. In Proceedings of IECON'95-21st Annual Conference on IEEE Industrial Electronics (Vol. 1, pp. 50-56). IEEE.
- [7] Harrouche, F. (2018). Application de la logique floue aux machines tournantes (MAGISTER dissertation) Université FERHAT Abbes SETIF (ALGERIE).
- [8] Lescieux, M. (2008). Introduction à la logique floue-Application à la commande floue. Notes de cours, École Polytechnique de l'Université de Tours.
- [9] H.GUEMMOU,/ M.MATALLAH «Etude et simulation d'un procédé de contrôle de débit par la logique floue» Mémoire 2eme années master, université de Ouargla2018 /2019.
- [10] Youness Chaabi. Apport des Systèmes Multi-Agent et de la logique floue pour l'assistance au tuteur dans une communauté d'apprentissage en ligne. Interface homme-machine [cs.HC]. Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2016. Français.
- [11] Ferhat Lahouazi : 'mise en œuvre d'une stratégie de commande neuro floue', application à un Pendule inversé, mémoire de magister en Automatique, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 16.03.2011.

- [12] DERNONCOURT, F. (2011). Introduction à la logique floue. Licence Commons-BY-SA. <http://franckdernoncourt.developpez.com/tutoriels/algo/introduction-logique-floue/>, Paris.
- [13] M Madaoui : 'commande floue et neuro-floue d'un convertisseur direct AC/AC monophasé à structure minimale, Application à l'alimentation d'une machine asynchrone monophasé', Thèse de Magister, ENPA Alger, février 2007.
- [14] N.KERMAD: 'ETUDE ET IMPLEMENTATION SUR MICROCONTROLEUR DE CONTROLEUR FLOU', Thèse de Magister, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF.
- [15] B.MELIK & N. BOUHABZA 'Commande par logique floue de type 2 et commande neuro-floue appliquées à un pendule inversé' (2016).
- [16] Sifouane, F., Benseghier, O., & Boubakir, A. E. (2018). Commande L1 adaptative floue appliquée à un robot manipulateur (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
- [17] Chaiba, A. (2010). Commande de la machine asynchrone à double alimentation par des techniques de l'intelligence artificielle (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).
- [18] BOUREK, Y. (2016). Etude de la décharge électrique par l'intelligence artificielle (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).
- [19] Hacene, B. E. N. S. E. N. I. (2017). Commande adaptative basée sur l'approximation floue pour une classe de systèmes non linéaires discrets (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).
- [20] Mourad, S., & Sofiane, S. (2015). Commande floue basée sur le mode glissant d'un pendule inversé (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [21] M.Boussak, "Commande numérique vectorielle des machines asynchrones triphasées, module. association machine, convertisseur", EEPs, Marseille, 1994
- [22] C.C.LEE; "Fuzzy Logic in Control System: Fuzzy Logic Controller - PART I", IEEE Trans.Syst. Man Cybern, Vol. 20, 02, pp. 404-418, Mars/Avril 1990.
- [23] O.Ben Abbas et Z. Louzzani Commande adaptative Floue des systèmes non linéaires et application. Mémoire de Master. Université de Jijel. 2010.

- [24] Sylia, A., & Djillali, A. (2018). Commande neuro floue du canal longitudinal d'un drone à voilure fixe (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [25] Amieur, T. (2009). Commande des Systèmes Non Linéaires par Mode Glissant Flou (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- [26] Cyril Mazaud, Emmanuel Schmitt, Vincent Bombardier. Classification par règles linguistiques floues à partir de lots d'apprentissage réduits. Jan 2007, pp.97-108.
- [27] Rizoug .Zeghlache. Zakaria, Boushaba .Elaroussi, (2018), « Commande adaptative floue type 2 pour les systemes non lineaires incertains via backstepping », Mémoire de Master, université kasdi merbah ouargla
- [28] S.Labioud, (2004), « Contribution à la commande adaptative floue des systèmes non linéaire », Thèse Doctorat.
- [29] KHEMIS Abderrahmane : 'Application de la logique floue type-2 intervalle à la commande adaptative de la machine asynchrone' mémoire de Magister en Électrotechnique, électricité industrielle, Université Mohamed Khider, Biskra, 10/04/2011.

CHAPITRE V:
Evaluation des performances
de transmission

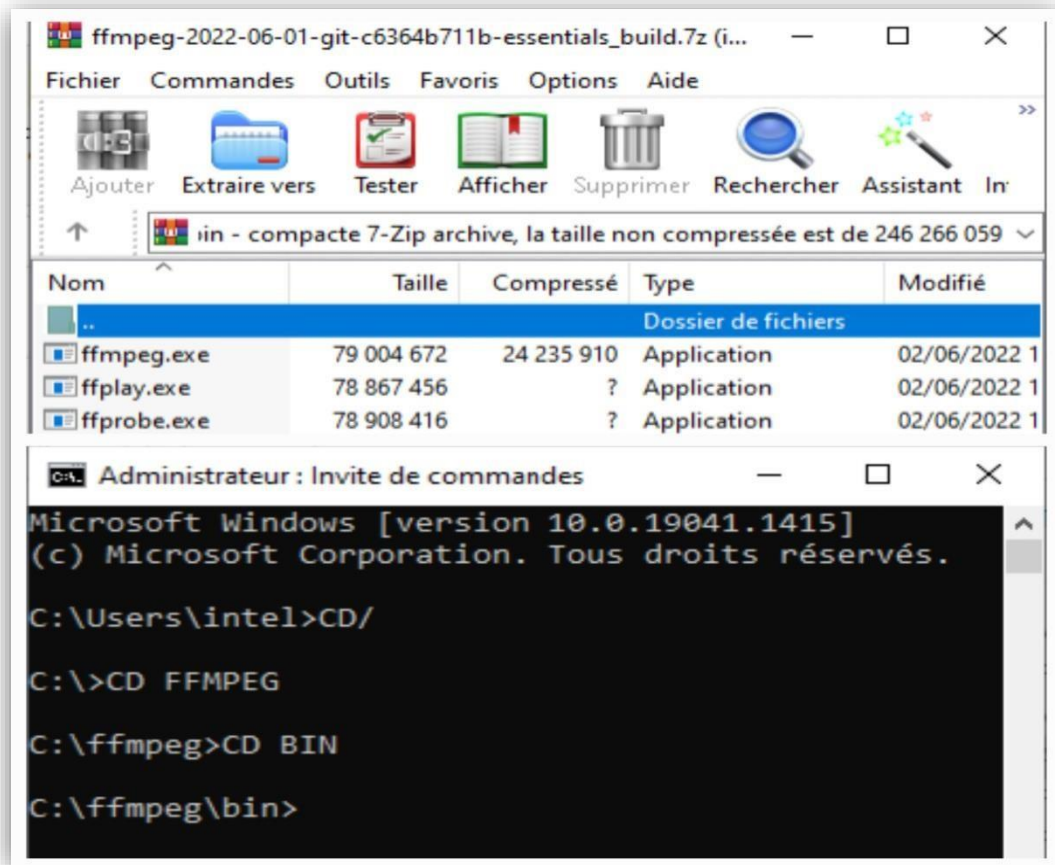


Figure V.1: Présentation de FFmpeg

V.1.2.VLC :

Le lecteur multimédia VLC (également connu sous le nom de VLC ou VideoLAN Client) est un lecteur multimédia logiciel gratuit du projet VideoLAN.

Il s'agit d'un lecteur multimédia, d'un encodeur et d'un streamer hautement portable qui prend en charge de nombreux types d'audio et de vidéo. VLC peut réparer et lire des fichiers corrompus, endommagés ou inachevés.

C'est l'un des lecteurs les plus indépendants de la plate-forme, disponible pour BeOS, BSD, Linux, Mac OS X, Microsoft Windows, Solaris et Windows CE, et compte plus de 50 millions de téléchargements pour la version 0.8.6.

VLC utilise un grand nombre de bibliothèques de décodage et d'encodage gratuites. Beaucoup de ses codecs sont fournis par la bibliothèque de codecs libavcodec du projet FFmpeg, mais il utilise principalement ses propres multiplexeurs et démultiplexeurs. VLC a été honoré en tant que premier lecteur à prendre en charge la lecture de DVD cryptés sous Linux en utilisant la bibliothèque de DVD libdvdcss [3].



Figure V.2: Installation de VLC media player sur l'Unix ubuntu

V.1.3 .YUV player :

YUV player est une petite application conçue spécifiquement pour aider à lire des fichiers YUV en utilisant un ensemble d'actions simples. Il est capable de travailler avec des données YUV brutes. L'application est livrée dans un package extrêmement léger qui prend peu de place et utilise une quantité à peine perceptible de ressources système.

Les fichiers stockés au format YUV sont utilisés comme un meilleur moyen de stocker les informations de couleur, en d'autres termes, comme une alternative au RVB. Les fichiers image et vidéo peuvent être encodés de cette façon et l'application peut charger les deux.

Une fois votre fichier chargé, chaque image est accessible, soit en faisant défiler manuellement chacune d'entre elles, soit en utilisant une fonction dédiée. Le menu contextuel intégré est le seul moyen par lequel les images peuvent être exportées. Les possibilités vous permettent d'enregistrer la luminance, YUV444, YUV422, YUV420, ainsi que les formats RVB.

De plus, la taille de la vue peut être définie sur plusieurs formats standard, tels que VGA ou 1080p, et même entrer vos propres spécifications de taille. La couleur est également l'un des aspects à sélectionner. Selon la section que vous souhaitez analyser, les options vont de plusieurs formats YUV, NV, ainsi que RGB16, 24 et 32[14].

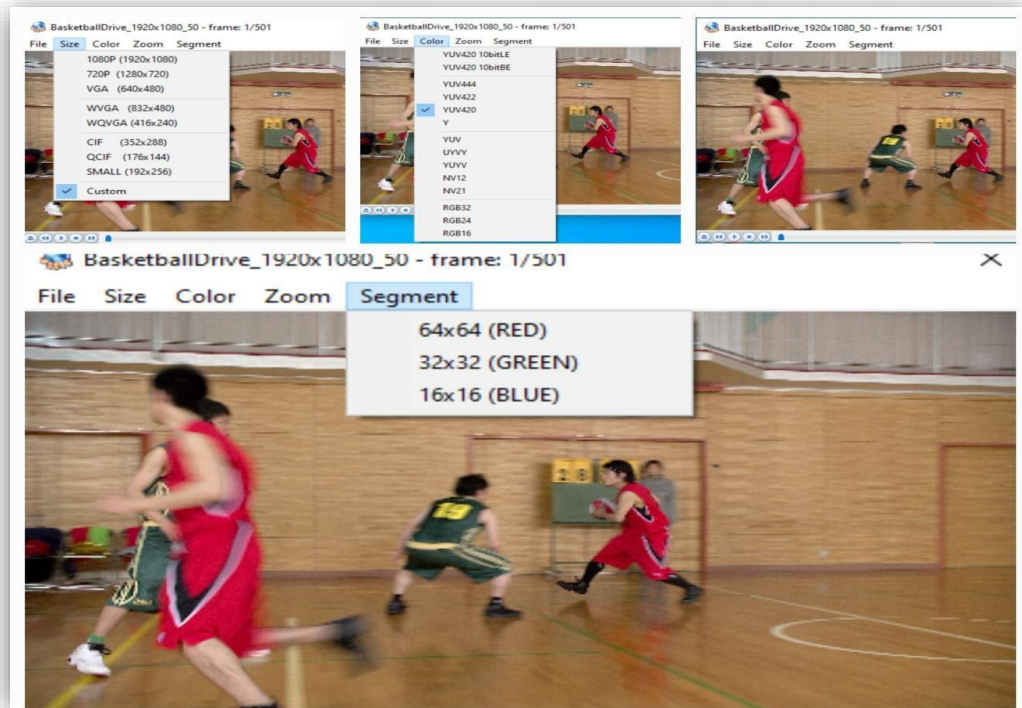


Figure V.3 : Présentation de YUV player

V.1.4. VQMT :

VQMT est un logiciel utilisé pour effectuer une analyse objective comparative approfondie de la qualité vidéo. La fonctionnalité principale de ce logiciel est de calculer; ce logiciel fournit des implémentations rapides des métriques objectives suivantes :

- PSNR : rapport signal/bruit maximal,
- SSIM : Similitude Structurelle,
- MS-SSIM : Similitude Structurelle Multi-Echelles,
- VIFp : Visual Information Fidelity, version domaine pixel,
- PSNR-HVS : rapport signal/bruit de crête prenant en compte la fonction de sensibilité au contraste (CSF),
- PSNR-HVS-M : rapport signal/bruit de crête prenant en compte la fonction de sensibilité au contraste (CSF) et le masquage de contraste entre les coefficients des fonctions de base DCT.
- VMAF : Video Multimethod Assessment Fusion.

Dans ce logiciel, les métriques ci-dessus sont implémentées dans OpenCV (C++) sur la base des implémentations Matlab originales fournies par leurs développeurs. Le code source de ce logiciel peut être compilé sur n'importe quelle plate-forme et ne nécessite que la bibliothèque

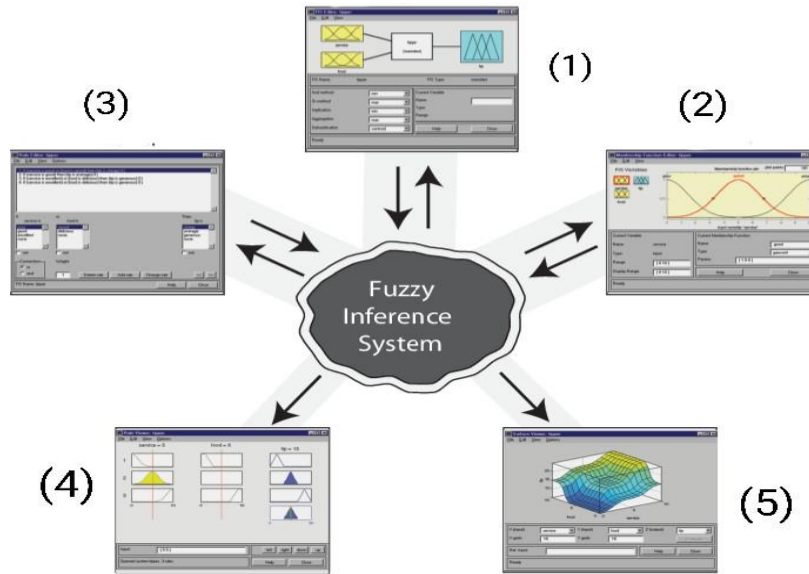


Figure V.4 : Présentation de systèmes d'inférence floue

V.1.6. Linux Ubuntu :

Ubuntu est sans doute l'une des distributions Linux les plus appréciées et les plus utilisées disponibles aujourd'hui. Loué à la fois pour sa facilité d'utilisation et sa fiabilité, Ubuntu a également une clientèle fidèle d'utilisateurs Linux et une communauté active de développeurs.

Ubuntu est un système d'exploitation basé sur Linux. Il est conçu pour les ordinateurs, les smartphones et les serveurs réseau. Le système est développé par une société basée au Royaume-Uni appelée Canonical Ltd. Tous les principes utilisés pour développer le logiciel Ubuntu sont basés sur les principes du développement de logiciels Open Source [6] [7].

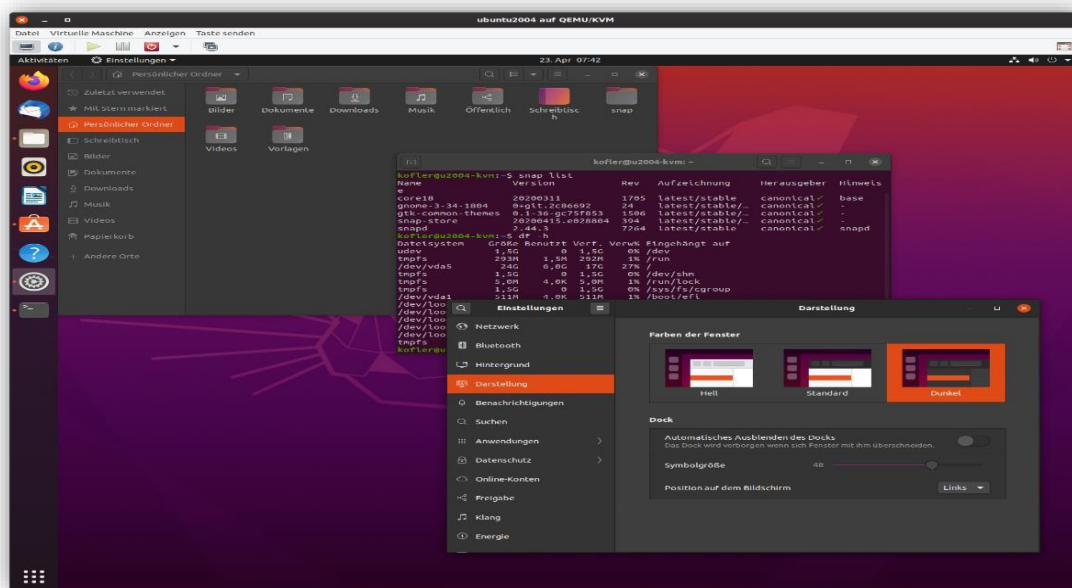


Figure V.5: interface de linux ubuntu 20.04

La figure V.7 présente graphiquement le SI (spatial information) et le TI (temporel information) de chaque séquence. La mesure SI-TI, permet de caractériser simplement l'information spatiale (SI) et l'information temporelle (TI) perçues d'une vidéo.

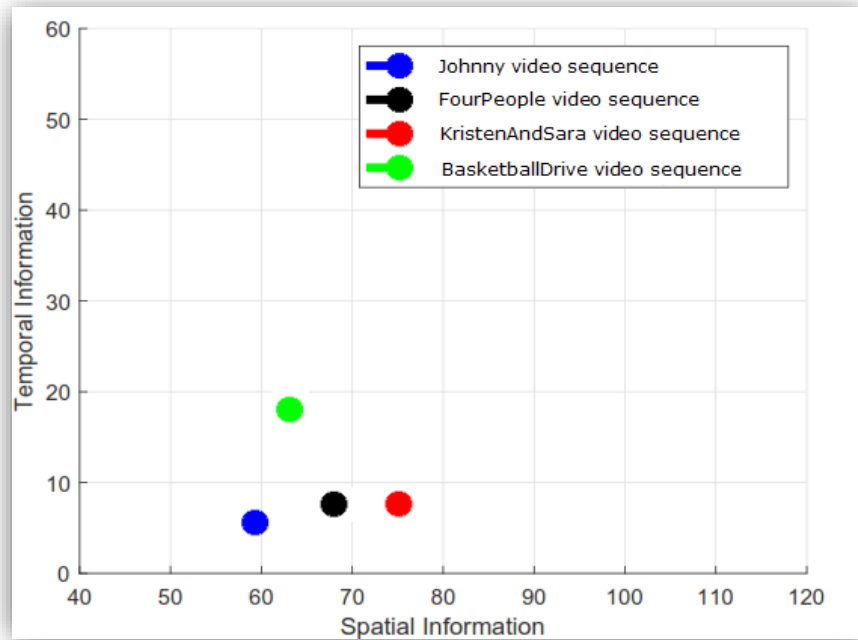


FIGURE V.7 : SI-TI des séquences vidéo.

V.8 . Configuration expérimentale :

Une architecture LAN sans fil a été utilisée pour diffuser la vidéo avec le fichier d'extension TS de l'émetteur au récepteur, c.-à-d, le processus d'encodage HEVC (coder/décoder) d'une séquence vidéo de l'émetteur au récepteur pour un scénario de test.

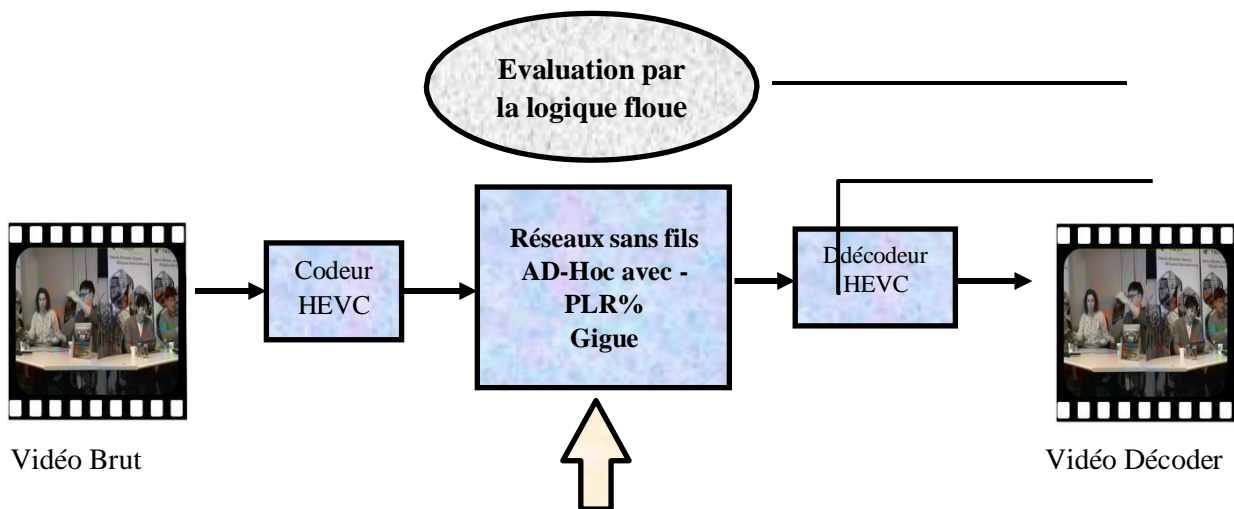


Figure V.8: Système proposée

Les séquences vidéo, générées l'un au l'autre des flux de bits appelées bitstreams diffusée de Laptop1 à Laptop2 à l'aide FFmpeg et du lecteur multimédia VideoLAN Client (VLC) avec UDP/RTP via un réseau sans fils sous le système d'exploitation LINUX (Ubuntu 20.04).

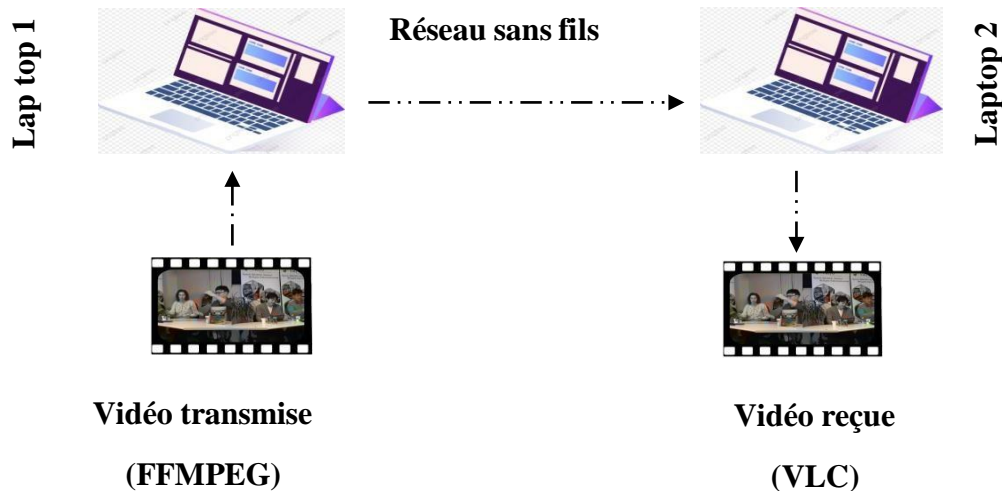


Figure V.9: Configuration du réseau

- FFmpeg : Nous avons utilisé pour coder la séquence vidéo avant la diffusion avec la norme HEVC et pour diffuser la vidéo (le streaming).
- Dans le montage d'émulation, une simple liaison sans fil avec réseau MANET a été utilisée pour diffuser la vidéo à partir d'émetteur (Ffmpeg) et de réceptionner au côté récepteur par VLC, la vidéo en flux continu est enregistrée au format de TS (transport Stream).
- Nous avons introduit l'effet de la perte de paquet et gigue pour mesurer la QoS ; Les effets du PLR ont été introduits par la suppression aléatoire du paquet avec six valeurs différentes de PLR (0.1%, 0.5%, 1%, 3%, 5%, et 10%).
- L'effet de gigue a été ajouté en introduisant un retard fixe de 100 ms plus cinq retards variables (1, 2, 3, 4, et 5 ms), la sélection des valeurs de gigue est basée sur l'ITU recommandation [11].

De plus, le délai, la gigue et le PLR sont parmi les paramètres les plus couramment utilisés pour mesurer la QoS [5]. ou, la QoS considérée faiblement dans la détermination de la qualité, le terme QoE est dominant pour la représenter [6]. En effet, la gigue est l'un des paramètres importants qui détériorent la QoS. La gigue est la variation des délais, ou la différence de délai de transmission des paquets transmis entre deux systèmes de communication de données multimédia sur un réseau.

V.9 . Résultats :

V.9.1 Codage par HEVC :

Tout d’abord, nous avons commencé avec la compression des séquences vidéo (Classe B et classe E) sur FFmpeg avec le codec HEVC/H.265 par la commandes suivantes :

```
ffmpeg -s 1920x1080 -r 50 -i BasketballDrive_1920x1080_50.yuv -c:v libx265 -preset veryslow -x265-params crf=14 -strict experimental -f mpegts -vframes 501 output.ts
```

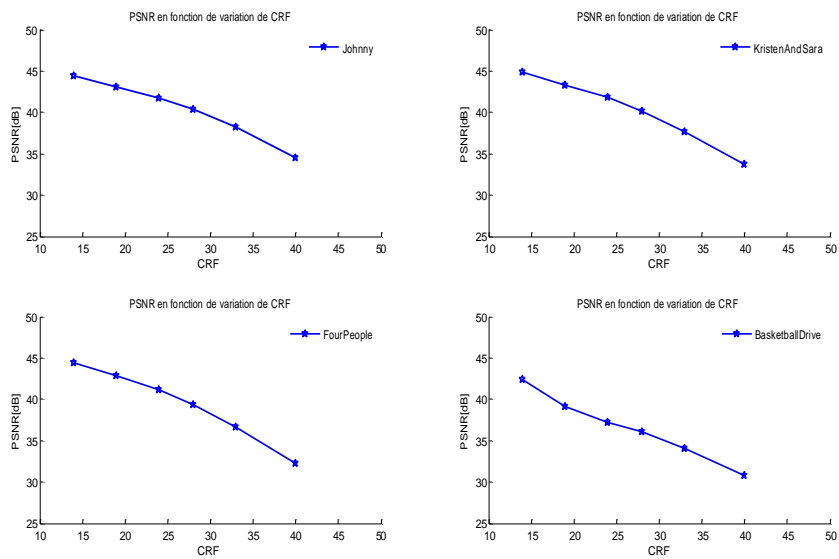


Figure V.9: PSNR en fonction de CRF pour les séquences vidéos

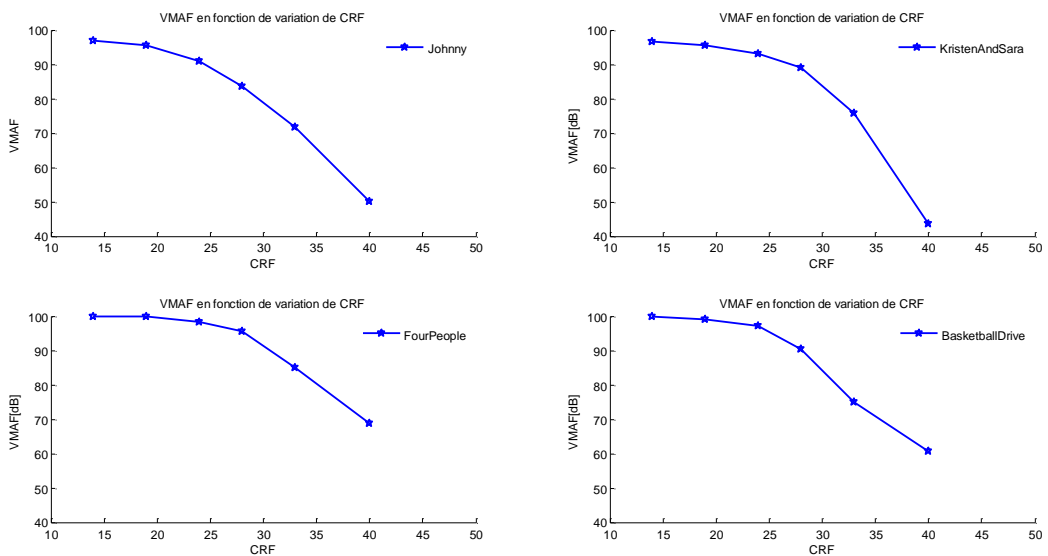


Figure V.10: VMAF en fonction de CRF pour les séquences vidéos

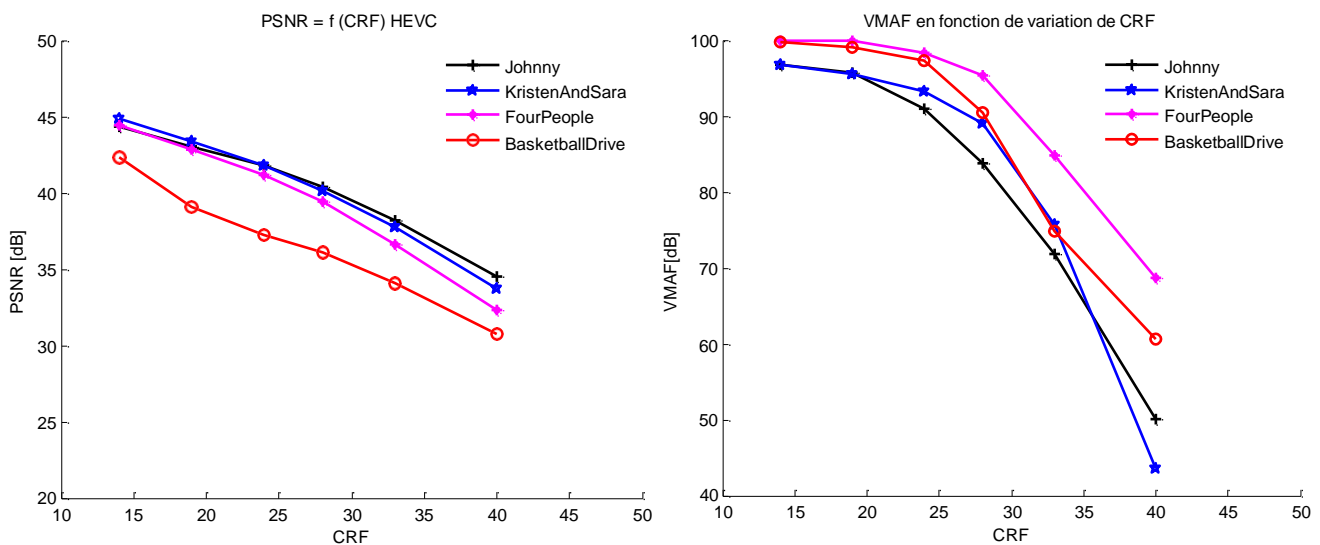


Figure V.11: PSNR et VMAF en fonction de CRF pour les séquences vidéos

Les figures V.9, V.10 et V.11 montrent les graphiques du PSNR, du VMAF selon la valeur de CRF avec un codeur HEVC. Comme prévu, les courbes montrent que le PSNR, VMAF décroissent en fonction du CRF (QP). Tous les résultats ont démontré que le codage des différentes vidéos avec les mêmes paramètres de codec tels que CRF, fréquence de la vidéo et résolution spatiale conduit à des valeurs PSNR différentes, comme le montre la figure V.11. De plus, à mesure que le CRF augmente, le débit binaire diminue, ce qui diminue la qualité vidéo, comme l'ont prouvé plusieurs études .

En revanche, les valeurs CRF les plus basses se traduisent par des débits binaires plus élevés, ce qui entraîne une amélioration de la qualité vidéo. Comme le PSNR varie avec différentes séquences vidéo, on peut affirmer que le type de contenu a un impact sur les valeurs de PSNR, ce qui indique, en plus des paramètres de codage, que d'autres facteurs peuvent également influencer sur les valeurs PSNR.

Le VMAF est une mesure de la qualité visuelle plus proche de la perception visuelle humaine que le PSNR et qui s'améliore continuellement grâce à la communauté open source. VMAF nous permettent de prendre des décisions meilleures et plus rapides en termes d'efficacité par rapport à la compression, en fournissant des données sur les performances d'une technique d'encodage sur certaines des pires images, et pas seulement sur la moyenne de toutes les images (voire Figure V.11). VMAF correspondant à la perception visuelle humaine.

Les étapes de détermination de la qualité vidéo reçue sont illustrées à la figure V.12. Trois systèmes d'inférence floue (FIS) de structure similaire ont effectué les processus d'évaluation requis, Bien que l'évaluation complète de la qualité vidéo aurait peut-être réalisée à l'aide d'un seul FIS, trois modèles FIS distincts ont été adaptés pour permettre une structure modulaire, facilitant ainsi la conception et la mise en œuvre et son fonctionnement plus transparent.

- **FIS1** : PSNR, VMAF et QP traités pour indiquer QoE
- **FIS2** : PLR(%), Gigue, traités pour indiquer QoS.
- **FIS 3**: combiné les sorties de FIS1 et FIS2 pour fournir la qualité vidéo globale reçue.

Les détails des tâches pour développer ces structures FIS sont :

Pour l'application de streaming vidéo, bonne QoE (c'est-à-dire, $QoE > 67\%$) correspondait à PSNR supérieur à 35, VMAF supérieur à 65 et QP inférieur à 23.

la QoE moyenne (c'est-à-dire $33\% < QoE \leq 67\%$) correspondait à des paramètres de QoE moyenne (c'est-à-dire $25 < PSNR < 35 < VMAF \leq 65$ et $23 \leq QP < 40$). Une faible QoE (c.-à-d. $QoE < 33\%$) correspondait à $PSNR < 25$, $VMAF \leq 40$ et $QP \geq 40$. Ces limites sont conformes aux valeurs de PSNR et VMAF dans les études précédentes [17, 18, 19,20].

Les paramètres de trafic (gigue et PLR%) ont été mesurés pour les paquets reçus pour déterminer la QoS du réseau.

V.10. 1.Mise en œuvre du SIF1 :

Dans ce cas on a trois valeurs d'entrée qui sont PSNR et VMAF et QP et une seule sortie FIS1.

règle	PSNR	Opérateur	VMAF	Opérateur	QP	FIS1 (sortie)
1	Haut	AND	Haut	AND	Bas	Haut
2	Haut	AND	Haut	AND	Moyen	Haut
3	Haut	AND	Moyen	AND	Bas	Haut
4	Moyen	AND	Haut	AND	Bas	Haut
5	Moyen	AND	Moyen	AND	Bas	Moyen
6	Moyen	AND	Haut	AND	Moyen	Moyen
7	Haut	AND	Moyen	AND	Moyen	Moyen
8	Moyen	AND	Moyen	AND	Moyen	Moyen
9	Bas	AND	bas	AND	Moyen	Base
10	Moyen	AND	bas	AND	Haut	Base
11	Bas	AND	Moyen	AND	Haut	Base

Tableau IV .2. Les règles de la base de connaissances FIS1.

FIS1 a traité les valeurs pour PSNR, VMAF et QP obtenues à partir des données transmises et reçues.

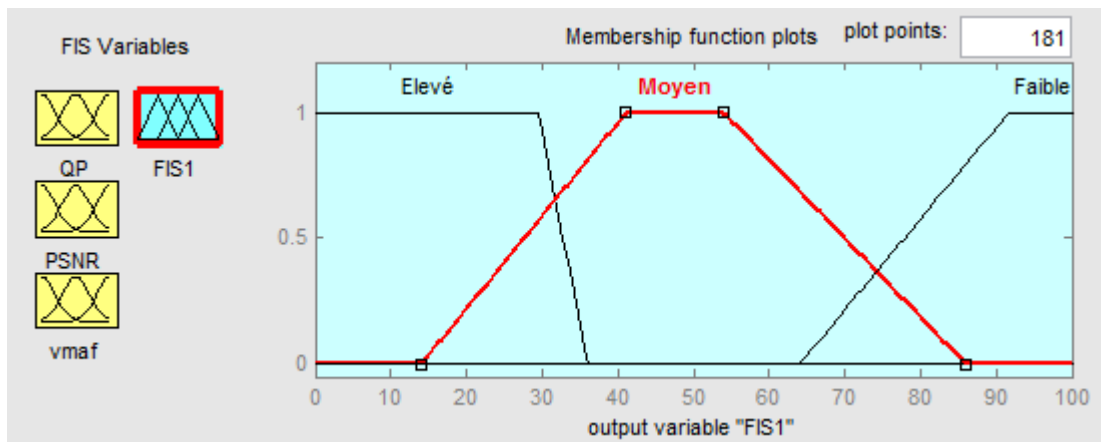


Figure V.13: fonction d'appartenances(FIS1) de sortie (QOE).

Les entrées du FIS1, c'est-à-dire le PSNR, le VMAF et QP ont été fuzzifiées à l'aide de trois fonctions d'appartenance appelées faible, moyen et élevé.. La sortie a été défuzzifiée par trois fonctions d'appartenance qui représentaient une qualité d'expérience faible, moyenne et élevée. Ces fonctions d'appartenance sont illustrées à la figure 5. Les résultats de l'ID ont été normalisés entre 0 et 1 en identifiant les valeurs les plus élevées et les plus basses.

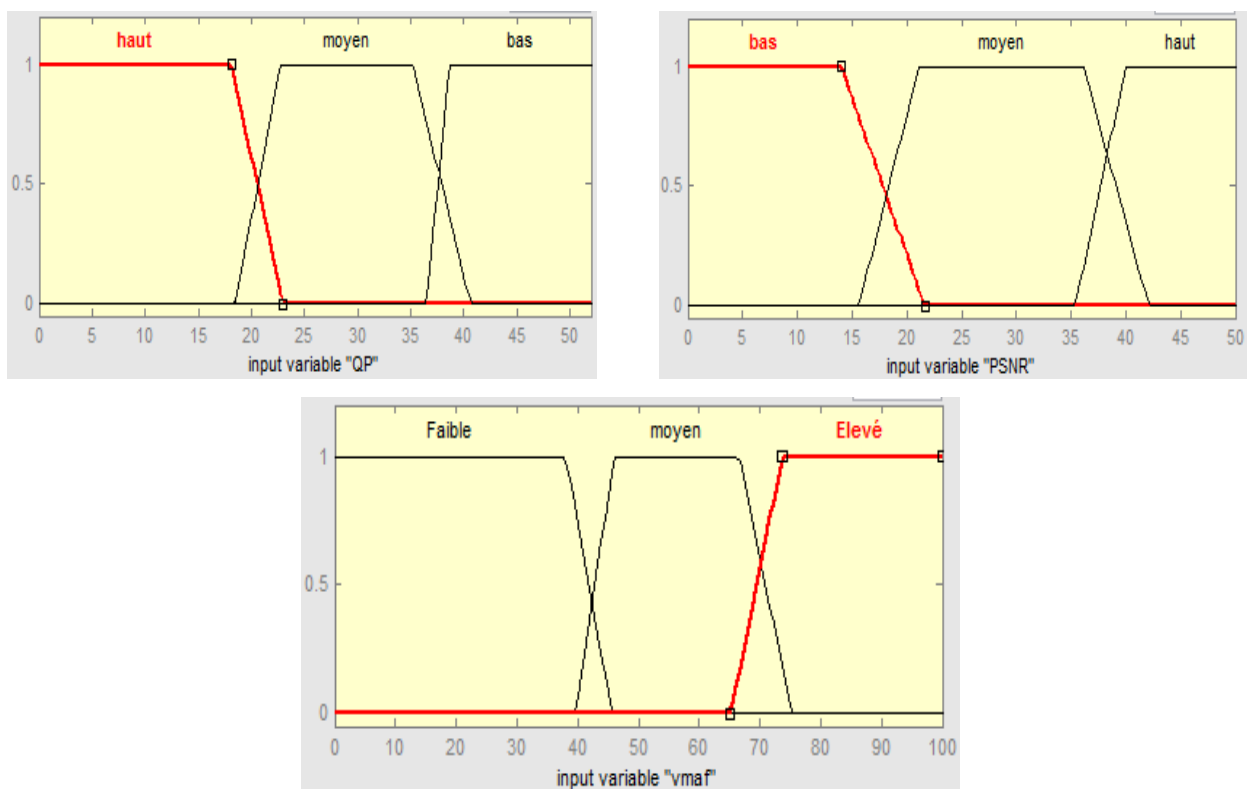


Figure V.14 : fonction d'appartenance des variables d'entrée (QP , PSNR , VMAF)

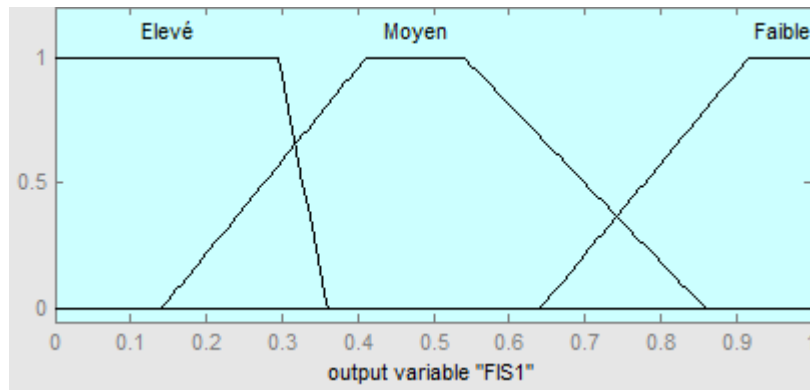


Figure V.15: fonction d'appartenance de sortie FIS1

V.10.2 Mise en œuvre du SIF2 :

L'augmentation de la gigue et du %PLR a été facilitée par le logiciel NetEm avec le trafic vidéo UDP/RTP, qui a facilité la dégradation de la QoS. Au début de la transmission. La QoS a été déterminée à l'aide de FIS1 qui a reçu la gigue et le %PLR. Deux fonctions d'appartenance ont été utilisées pour représenter chacune des deux entrées de trafic et trois fonctions d'appartenance représente la sortie FIS2. Neuf règles ont été codées dans la base de connaissances FIS2 à l'aide d'une série de règles If-Then. Les règles sont décrites dans le tableau 1.

Règle	%PLR	Opérateur	Gigue	FIS2 (sortie)
1	Bas	AND	Bas	Haut
2	Bas	AND	Moyen	Haut
3	Moyen	AND	Moyen	Moyen
4	Moyen	AND	Bas	Bas
5	Bas	AND	Moyen	Bas
6	Haut	OR	Haut	Bas

Tableau IV.3. Les règles de la base de connaissances FIS2

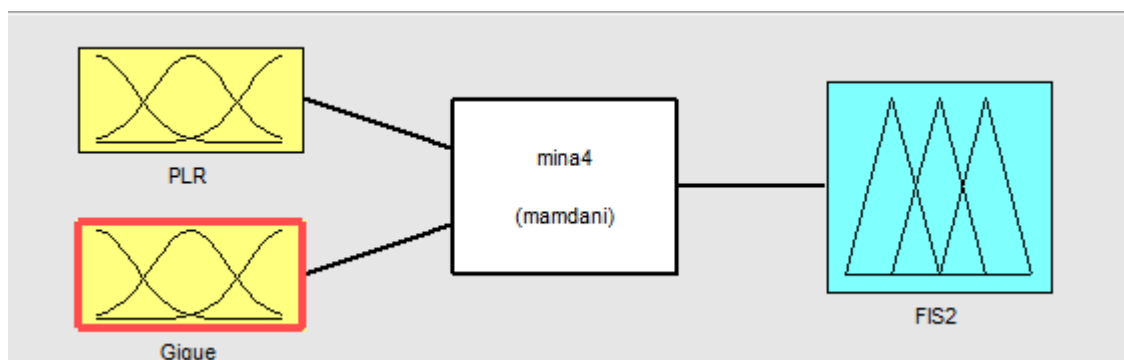


Figure V.16 : Schéma de Mamdani sous matlab/Simulink représente les variable d'entrée (PLR% et Gigue) et la sortie (FIS2) .

Les plages des fonctions d'appartenance ont été choisies sur la base des recommandations UIT [18] pour les paramètres de transmission vidéo, la gigue et le PLR%, comme illustré à la Figure V.17. Les fonctions d'appartenance représentent des ensembles flous de QoS bas, moyenne et haute respectivement pour les paramètres considérés. Chaque règle floue a été appliquée aux fonctions d'appartenance associées et les conséquences des règles ont été mappées aux fonctions d'appartenance de sortie associées. Le résultat les fonctions d'appartenance ont été utilisée pour effectuer de-fuzzification qui à son tour a fourni la sortie de FIS2.

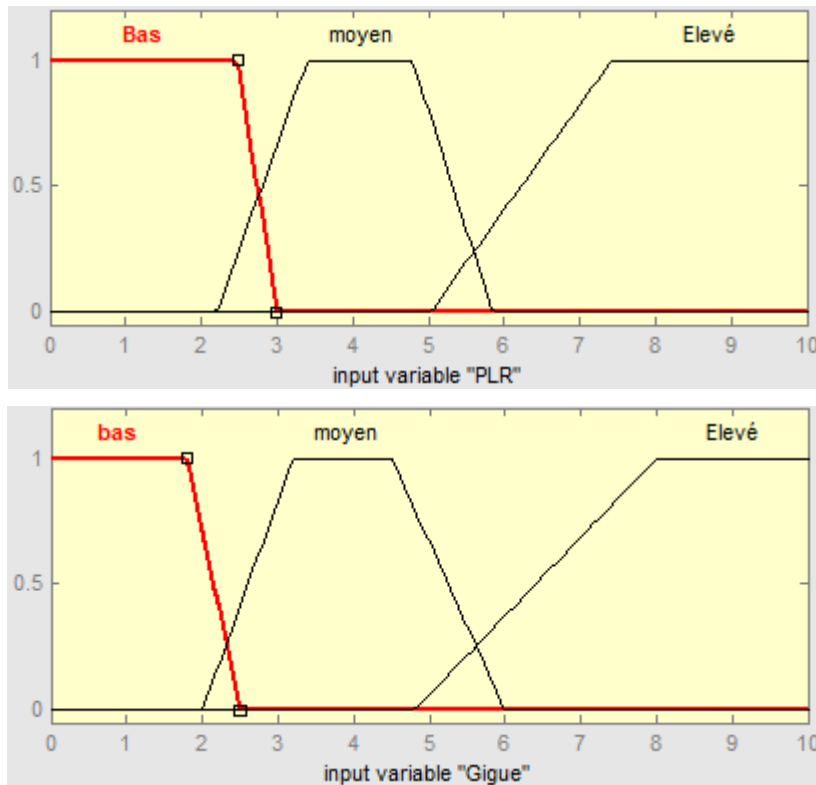


Figure V.17 : fonction d'appartenance des variables d'entrée (PLR % , Gigue)

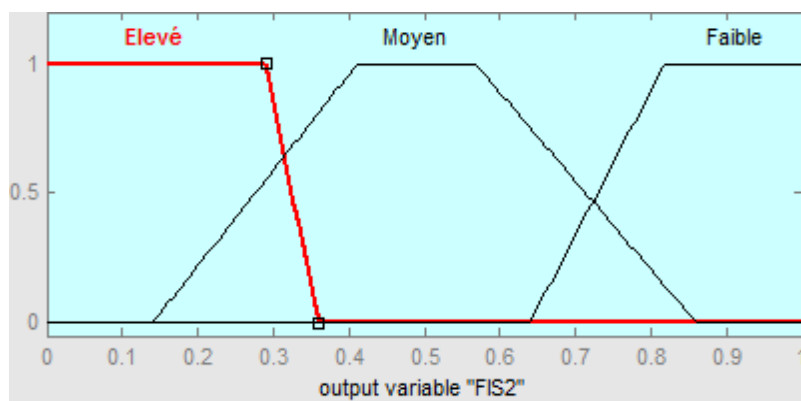


Figure V.18 : fonction d'appartenance(FIS2) de sortie (QOS).

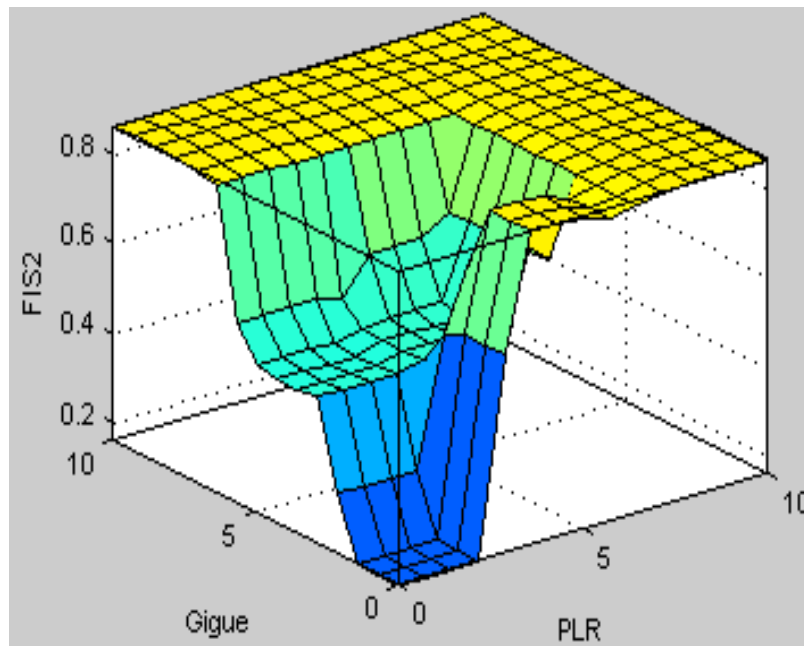


Figure V.19 : Visionnage des surface pour le système d'inférence floue (FIS2) sous Matlab /Simulink .

V.10. 3 Mise en œuvre de FIS3 :

FIS3 a combiné les valeurs QoS et QoE déterminées à partir de FIS1 et FIS2 pour indiquer la qualité globale de la vidéo reçue. La sortie était comprise entre 0 (qualité la plus faible) et 1 (qualité la plus élevée).

Les valeurs QoS et QoE ont été utilisés à l'aide de trois fonctions d'appartenance appelées faible, moyenne et élevée. Ceux-ci sont représentés par des tracés sur la figure V.20.

Règle	FIS1	Opérateur	FIS2	FIS3 (sortie)
1	Haut	AND	Haut	Haut
2	Moyen	AND	Haut	Haut
3	Haut	AND	Moyen	Moyen
4	Moyen	AND	Moyen	Bas
5	Bas	OR	Bas	Bas

Tableaux IV.4: Les règles de la base de connaissances FIS3

Cinq règles ont été codées dans la base de connaissances FIS3. Celles-ci sont présentées dans le tableau IV.4. Celles-ci ont mappé les deux entrées à la qualité vidéo globale sous la forme de haute, moyenne et basse.

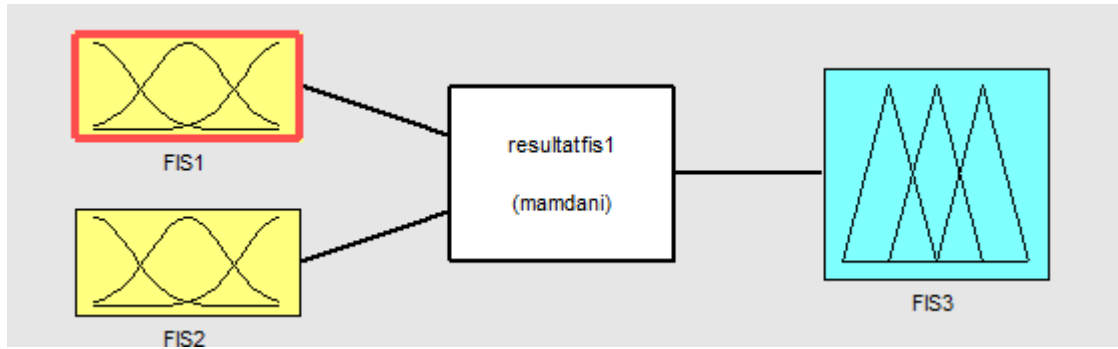


Figure V.20: Schéma de Mamdani sous matlab/Simulink représente les variable d'entrée (FIS1 et FIS2) et la sortie (FIS3) .

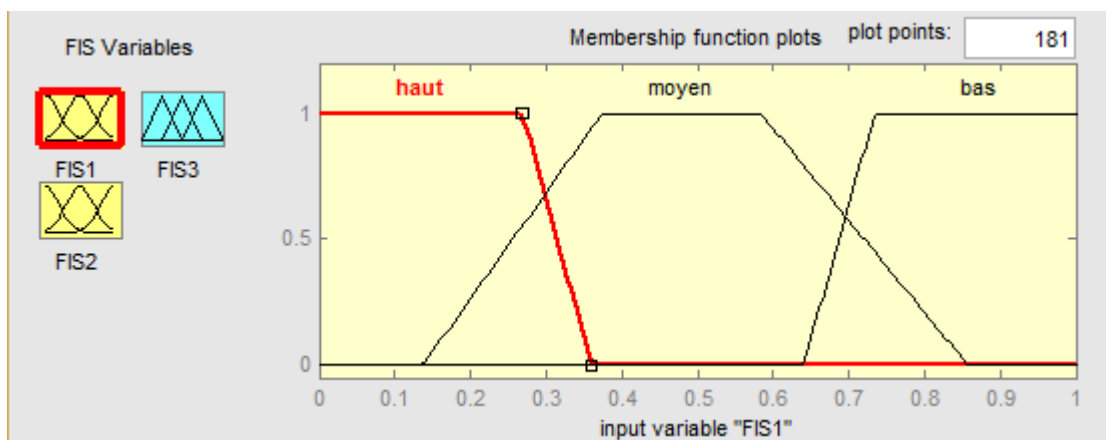


Figure V.21 : Fonction d'appartenance des variables d'entrée (FIS1)

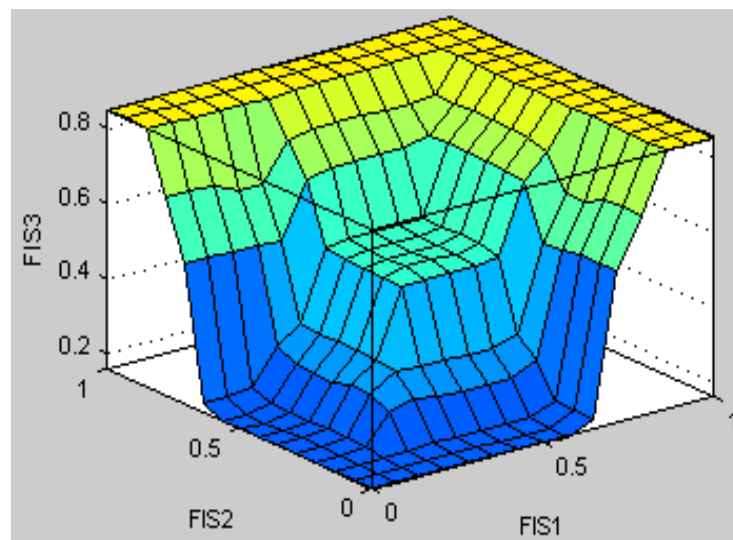


Figure V.22: Visionnage des surface pour le système d'inférence floue (FIS3) sous Matlab /Simulink .

Conclusion :

Un système de logique floue modulaire pour évaluer objectivement la qualité de la vidéo transmise sur un des réseaux informatiques sans fil a été conçu et ses performances ont été évaluées. Le système consistait de trois systèmes d'inférence floue qui quantifiaient la qualité de service (QoS) à partir du gigue et taux de perte de paquets, QoE qualifiée (à partir du PSNR, VMAF et QP, et combiné ces valeurs en une seule mesure de qualité vidéo. La modularité du système assurée facilité de mise en œuvre et transparence dans son fonctionnement.

Une comparaison indépendante de la méthode d'évaluation de la qualité vidéo développée dans cette étude. L'évaluation de la qualité vidéo développée est précieuse pour évaluer la qualité des vidéos dans les réseaux informatiques multimédias a été réalisée par rapport à une méthode qui utilisait une différenciation entropique efficace spatiale et des comparaisons résultats ont été obtenus.

Références bibliographiques

- [1] Zeng, H., & Fang, Y. (2013). Implementation of video transcoding client based on FFmpeg. In *Advanced Materials Research* (Vol. 756, pp. 1748-1752). Trans Tech Publications Ltd.
- [2] site web : <https://www.techno-science.net/definition/524.html>. Consulté le 05/05/2022.
- [3] site web : https://simple.wikipedia.org/wiki/VLC_media_player. Consulté le 10/02/2022.
- [4] Ariba, Y., & Cadieux, J. Matlab Manuel. *Départements GEI & Mécanique, Icam, Toulouse*.
- [5] Lamine, B. M. (2019). Outils de programmation pour les mathématiques. Consulté le 15/03/2022.
- [6] site web : https://www.tutorialspoint.com/ubuntu/ubuntu_overview.htm. Consulté le 05/03/2022.
- [7] Smyth, Neil. Ubuntu 20.04 Essentials [e-book]. Packt Publishing, 2020.
- [8] Wang, Y. (2006). Survey of objective video quality measurements. *EMC Corporation Hopkinton, MA, 1748*, 39.
- [9] Poobathy, D., & Chezian, R. M. (2014). Edge detection operators: Peak signal to noise ratio based comparison. *IJ Image, Graphics and Signal Processing*, 10, 55-61.
- [10] Rassool, R. (2017, June). VMAF reproducibility: Validating a perceptual practical video quality metric. In *2017 IEEE international symposium on broadband multimedia systems and broadcasting (BMSB)* (pp. 1-2). IEEE.
- [11] Meena Pundir, Jasminder Kaur Sandhu, in *Journal of Network and Computer Applications*, 2021
- [12] Site web : <https://www.3ivx.com/support/mac/encoding/quicktime.html>. Consulté le 05/06/2022.
- [13] Dbira, H. (2017). Analyse mathématique, méthode de calcul de la gigue et applications aux réseaux internet (Doctoral dissertation, Ecole Polytechnique, Montreal (Canada)).
- [14] site web : https://www.softpedia.com/get/Multimedia/Video/Video-Players/YUV-Player.shtml#sgal_2. Consulté le 05/03/2022 .
- [15] site web : <https://www.epfl.ch/labs/mmspg/downloads/vqmt/>. Consulté le 15/04/2022
- [16] site web : <https://filmora.wondershare.fr/video-editing-tips/what-is-video-bitrate.html>. Consulté le 05/02/2022.

- [17] Brito, I.V.S.; Figueiredo, G.B. Improving QoS and QoE through Seamless Handoff in Software-Defined IEEE 802.11 Mesh Networks. *IEEE Commun. Lett.* **2017**, *21*, 2484–2487. (accessed on 13 September 2019).
- [18] De Grazia, M.D.F.; Zucchetto, D.; Testolin, A.; Zanella, A.; Zorzi, M.; Zorzi, M. QoE Multi-Stage Machine Learning for Dynamic Video Streaming. *IEEE Trans. Cognit. Commun. Netw.* 2018, *4*, 146–161.
- [19] Testolin, A.; Zanforlin, M.; De Grazia, M.D.F.; Munaretto, D.; Zanella, A.; Zorzi, M. A Machine Learning Approach to QoE-Based Video Admission Control and Resource Allocation in Wireless Systems. In Proceedings of the 2014 13th Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop (MED-HOC-NET),
- [20] alama, A.; Saatchi, R.; Burke, D. Quality of Service Evaluation and Assessment Methods in Wireless Networks. In Proceedings of the IEEE 4th International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM), Münster, Germany, 11–13 December 2017; pp. 1–6.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

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.

L'étude rapportée dans notre travail était d'évaluer un système de logique floue modulaire pour évaluer la qualité du streaming vidéo transmise sur un réseau ad hoc (MANET), Le système se composait de trois systèmes d'inférence floue qui quantifiaient la qualité de service (QoS) à partir de la gigue et du taux de perte de paquets en pourcentage, de la qualité d'expérience qualifiée (QoE) à partir du PSNR, de la mesure de VMAF et la QP et ont combiné ces valeurs en une seule mesure de qualité vidéo. La modularité du système a assuré une facilité de mise en œuvre et une transparence dans son fonctionnement. Il a été démontré qu'en partitionnant les images, un moyen plus précis d'évaluer leur qualité pouvait être obtenu. La QoS déterminée, la QoE et la qualité globale de la vidéo reçue. Ils sont également bien liés aux mesures de trafic, au délai, à la gigue et au taux de perte de paquets.

Les développements dans ce système aident à la fois les utilisateurs du réseau et les fournisseurs de services réseau et contribuent à l'amélioration de la communication multimédia. Les mérites de l'approche proposée étaient les suivants :

- ❖ Conception modulaire pour déterminer QoS, QoE et combiner les deux mesures en une seule valeur de qualité vidéo. Cette approche modulaire a rendu les évaluations plus transparentes dans leur fonctionnement et les futures mises à jour possibles plus faciles à réaliser.
- ❖ L'utilisation de la cartographie activée par FIS des paramètres de trafic (délai, gigue et taux de perte de paquets) à la QoS et, de manière similaire, la cartographie de la perception de l'utilisateur (basée sur le PSNR, ...etc) à la QoE à porter de manière efficace et flexible.

Perspectives :

- L'adaptation du partitionnement des images s'est avérée précieuse pour déterminer la QoE et a rendu son calcul plus précis.
- L'inclusion d'un test subjectif pour obtenir le MOS a fourni une démonstration supplémentaire de l'efficacité de la méthode.