



Université ABBES LAGHROUR Khenchela  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Industriel  
جامعة عباس لغزور 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

**Etude comparative sur les méthodes  
de compression vidéo  
(Codecs HEVC et VVC)**

*Réalisé par : - DOUNIA ZAOUIA*

*- AMAL BOURDOUCEN*

**Soutenu le 14 / 07 / 2021** *Devant le jury composé de :*

*Mme. Malika Medjaldi*

*Présidente*

*Université Abbes Laghrou-Khenchela*

*Mr. Farouk Boumehrez*

*Encadreur*

*Université Abbes Laghrou-Khenchela*

*Mr. A.Hakim Sahour*

*Examineur*

*Université Abbes Laghrou-Khenchela*

*Promotion 2020/2021*

# *Remerciements*

*Tout d'abord, je remercie Allah le Tout-Puissant de m'avoir donné le courage, la force et la patience pour mener à bien ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude  
à M. BOUMEHREZ Farouk,  
mon respecté superviseur, pour ses excellents conseils, sa  
bienveillance, sa Patience, je demande à Allah de le bénir.*

*Mon respect et ma gratitude aux membres du jury qui m'ont fait  
l'honneur de juger ce travail par leur disponibilité, leurs observations  
et leurs rapports qui m'ont permis d'enrichir ma contribution  
scientifique.*

*Merci à tous les professeurs de notre faculté des Sciences et Techniques.*

*Je remercie tous ceux qui participent.*

# *Dédie*

*Nous dédie nos travaux de thèse à nos familles et nos amis.  
Un sentiment particulier de gratitude envers nos parents aimants,  
dont les mots D'encouragement et de ténacité résonnent à nos oreilles.*

*A tous ceux qui nous ont soutenues dans nos études.*

*A tous nos distingués professeurs.*

# *Merci*

## ملخص

يعتبر ضغط الفيديو اليوم من الأمور الهامة ، مما يساعد على إرساله وتخزينه. يقارن هذا العمل ويقيم أداء أحدث برنامجي ترميز ، H.265 / HEVC و خليفته H.266 / VVC من حيث معدل البت وجودة الصورة. تتعلق الاختبارات بتسلسلات الفيديو لفئات مختلفة من حيث محتوى الفيديو. تضمن الإعداد التجريبي ترميزاً ثابتاً للجودة باستخدام أربع قيم لـ QP بمعدلات مختلفة، وبشكل أكثر دقة ، قيم QP من 22 ، 27 ، 32 ، 37 لترميز VVC و HEVC. أظهرت النتائج أن VVC يقدم معدل نقل بيانات وجودة صورة أفضل من HEVC .

**الكلمات المفتاحية:** اش او في سي، في في سي، جودة، معيار التضمين، بيت رايت، بي اس ان ار

## Abstract

Video compression is very important today, which helps to send and store it. This work compares and evaluates the performance of the two most recent norme, the H.265 / HEVC and its successor the H.266 / VVC in terms of bit rate, image quality, the tests relate to video sequences of different quantification parameters values. The experimental setup involved fixed quality coding using four different rate values, and more specifically, QP values of 22, 27, 32, 37 for VVC and HEVC Codecs. The results have shown that VVC offers better bitrate and picture quality (PSNR) than HEVC.

**Keywords:** HEVC, VVC, Performance, Bitrate, QP, PSNR

## Résumé

La compression vidéo est très importante aujourd'hui, ce qui permet de l'envoyer et de la stocker, Ce travail compare et évalue les performances des deux codecs des normes les plus récents, le H.265/HEVC et son successeur le H.266/VVC en termes de débit, qualité d'image. Les tests portent sur des séquences vidéo de différents contenu vidéo. La configuration expérimentale impliquait un codage de qualité fixe utilisant quatre valeurs de pas de quantification différents, et plus précisément, des valeurs QP de 22, 27, 32, 37 pour VVC et HEVC. Cependant, les résultats ont montré que le VVC offre en débit et la qualité de l'image (PSNR) meilleurs que le HEVC.

**Mots clés :** HEVC, VVC, Performance, Débit binaire, QP, PSNR

# Liste des abréviations

**3-D** : Trois dimensions.

**2-D** : Deux dimensions.

## A

**AI** : All intra.

**AMVP** : Prédiction Avancée de Vecteur de Mouvement.

**AR**: Augmented Reality.

**AVC**: Advanced Video Coding.

## B

**B-frame**: Bidirectional predictive frame.

## C

**CABAC**: Context Binary Arithmetic Coding.

**Cb, Cr**: Chrominance.

**CB**: Coding Block.

**CCIR** : Comité Consultatif International des Radiocommunications.

**CD** : Disque Compact.

**CEI** : Commission électrotechnique international.

**CIF**: Common Intermediate Format.

**CSF**: Contrast Sensitivity Function.

**CTB**: Coding Tree Blocks.

**CTU**: Coding Tree Unit.

## D

**dB** : Décibel.

**DCT** : Discrète Sine Transforme.

**DLM**: Detail Loss Metric.

## E

**EVC**: Essential Video Coding.

## F

**FPS**: frame per second.

**Full HD**: Full High Definition.

## G

**GOP**: Group of Pictures.

## H

**HD DVD**: High Definition Versatile Disc.

**HEVC**: High Efficiency Video Coding.

**HHI** : Heinrich Hertz Institute.

## I

**IDE** : Environnement de développement intégré.

**ISO**: International Organization for Standardization.

**ITU-T** : International Télécommunication Union Télécommunication.

## J

**JPEG** : Joint Photographic Experts Group.

**JTC 1** : Joint Technical Committee 1.

**JVET** : Joint Video Expert Team.

## K

**Kbit/s** : kilo bit per second.

## L

**LD**: Low delay.

## M

**Mbps**: Mega bit per second.

**MJPEG**: Moving JPEG.

**MPEG**: Moving Picture Experts Group.

## N

**NTSC**: National Television Standards Committee.

## O

**OTT**: Over-The-Top.

## P

**PAL**: Phase Alternating Line.

**PB** : Prédiction Block.

**PCM** : Pulse code modulation.

**PSNR**: Peak Signal to Noise Ratio.

**PU** : Prédiction Unit.

## Q

**QCIF** : Common Intermediate Format.

**QP** : contrôlée par un paramètre de quantification.

## R

**RA**: Random access.

**RGB**: red, green, and blue.

**RNIS**: Réseau Numérique à Intégration de Services.

## S

**SD** : Secure Digital.

**SECAM** : Séquentiel Couleur à Mémoire.

**SSIM** : Structural similarity.

## T

**T-81** : Technologies de l'information.

**TB** : Transform Block.

**TU** : Transform Unit.

## U

**UC** : Unités de Compte.

**UHD** : Ultra Définition.

**UHD** : Ultra Haute Définition.

**UIT** : Union International des Télécommunications.

**URQ**: Uniform Reconstruction Quantization.

**USA**: United States of American.

## V

**VCEG**: Video Coding Experts Group.

**VIF**: Visual Information Fidelity.

**VMAF**: Video Multi-Method Assessment Fusion.

**VQMT**: Video quality measurement tool.

**VR**: Virtual Reality.

**VRR**: Variable Refresh Rate.

**VVC**: Versatile Video Coding.

## Y

**Y** : Luminance.

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau II.1:</b> La relation entre le numéro de mode intra prédiction et son nom associé.....	23
<b>Tableau IV.1:</b> Les séquences vidéo utilisées dans les simulations.....	36
<b>Tableau VI.2 :</b> La description du contenu vidéo.....	42
<b>Tableau IV.3 :</b> Les paramètres de fichier de configuration.....	44

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure I.1:</b> comparatif entre la compression d'image avec perte et sans perte. ....	5
<b>Figure I.2:</b> Schéma de principe de compression. ....	6
<b>Figure I.3:</b> Pixels dans une image couleur. ....	7
<b>Figure I.4:</b> Image binaire. ....	7
<b>Figure I.5:</b> Image en niveaux de gris (0 -255). ....	8
<b>Figure I.6:</b> Image couleur. ....	8
<b>Figure I.7:</b> Schéma de compression et décompression de JPEG. ....	9
<b>Figure I.8:</b> La norme d'échantillonnage. ....	11
<b>Figure I.9:</b> Structure d'un GOP dans un codec vidéo. ....	12
<b>Figure II.1:</b> Model HEVC d'encodeur vidéo. ....	18
<b>Figure II.2:</b> Structure d'un HEVC encodeur et décodeur. ....	19
<b>Figure II.3:</b> Exemple de commande dans un CTB 64x64. ....	20
<b>Figure II.4:</b> La structure de subdivision des CTU en CB. ....	21
<b>Figure II.5:</b> Un CTB partitionné en CB. ....	21
<b>Figure II.6:</b> Partitionnement un CB de taille $2N \times 2N$ en PB, avec $n=N/2$ . ....	22
<b>Figure II.7:</b> Exemple d'une CB partitionné en PB et TB. ....	22
<b>Figure II.8:</b> Mode Intra prédiction, et la prédiction angulaire. ....	23
<b>Figure II.9:</b> Matrice de tailles $16 \times 16$ . ....	25
<b>Figure II.10:</b> Matrice de tailles $4 \times 4$ . ....	25
<b>Figure II.11:</b> Matrice de quantification de TB de taille $4 \times 4$ et $8 \times 8$ . ....	26

<b>Figure II.12:</b> Construction des matrices de quantifications de tailles 16 x 16, 32 x 32, à partir d'une matrice de quantification de taille 8 x 8. ....	26
<b>Figure III.1:</b> Codec H.266/VVC. ....	30
<b>Figure III.2:</b> Structure de codage VVC. ....	30
<b>Figure III.3:</b> Division de bloc VVC. ....	31
<b>Figure III.4:</b> Division quadrilatérale. ....	32
<b>Figure III.5:</b> Modes de prédiction angulaire intermédiaire en VVC. ....	33
<b>Figure III.6:</b> Implémentation du codec VVC. ....	34
<b>Figure III.7:</b> VTM le test de codeur H.266/266. ....	34
<b>Figure IV. 1:</b> Interface de Visual studio. ....	37
<b>Figure IV. 2:</b> Plusieurs options de configuration d'image pour YUV Player. ....	39
<b>Figure IV. 3:</b> Video Quality Measurement tools VQMT. ....	40
<b>Figure IV. 4:</b> Echantillons de vidéos de test. ....	42
<b>Figure IV. 5:</b> Les deux encodeurs utilisés pour la compression vidéo. ....	43
<b>Figure IV. 6 :</b> Schéma d'adaptation pour l'évaluation objective des séquences vidéo. ....	43
<b>Figure IV.7:</b> Courbes récapitulatives pour toutes les séquences vidéo compressées avec HEVC. ....	45
<b>Figure IV.8 :</b> Courbes récapitulatives pour toutes les séquences vidéo compressées avec VVC .....	45
<b>Figure IV.9:</b> Courbes récapitulatives pour toutes les séquences vidéo compressées avec HEVC. ....	46
<b>Figure IV.10:</b> Courbes récapitulatives pour toutes les séquences vidéo compressées avec VVC. ....	47
<b>Figure IV.11:</b> Les courbes des séquences vidéo compressées avec le HEVC et le VVC. ....	48

# TABLE DES MATIERES

Introduction Générale:.....	1
-----------------------------	---

## *Chapitre I :*

Méthodes de compression en général.....	3
I.1.Introduction : .....	4
I.2 Définition de compression : .....	4
I.3. Type de compression : .....	4
I.4. Techniques de compression :.....	5
I .5.Image :.....	6
I .6.Vidéo : .....	9
I .7.La compression de vidéo : .....	11
I.8.Conclusion : .....	15

## *Chapiter II :*

H.265 High Efficiency Video Coding (HECV). .....	16
II.1. Introduction: .....	17
II.2.High Efficiency Video Coding (HECV): .....	17
II.3. Echantillonnage et la représentation de l'image : .....	18
II.4. La structure de codage : .....	19
II.5 .Intra Prédiction : .....	23
II.6 .Inter Prédiction : Prédiction de vecteur de mouvement : .....	24
II.7. Transformation, Quantification, Codage : .....	24
II.8. Autres outils : .....	27
II .9. Conclusion : .....	27

## *Chapitre III :*

H.266/ versatile vidéo coding(VVC). .....	28
III.1.Introduction : .....	29

<b>III.2.Définition :</b> .....	<b>29</b>
<b>III.3. La révolution du codec H.266/VCC est en marche :</b> .....	<b>29</b>
<b>III.4. Structure de codage VVC :</b> .....	<b>30</b>
<b>III.5. Caractéristiques pour le H.266 :</b> .....	<b>30</b>
<b>III.6. Division de bloc VVC :</b> .....	<b>31</b>
<b>III.7.Génération intra prédiction :</b> .....	<b>32</b>
<b>III.8.Implémentation du codec VVC :</b> .....	<b>33</b>
<b>III .9. Conclusion :</b> .....	<b>35</b>

*Chapitre IV :*

<b>Simulations et résultats</b> .....	<b>36</b>
<b>IV.1. Introduction:</b> .....	<b>37</b>
<b>IV.2. Les plateformes utilisées:</b> .....	<b>37</b>
<b>IV.3. Métriques de qualité vidéo :</b> .....	<b>39</b>
<b>IV.4. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR):</b> .....	<b>41</b>
<b>IV.5. Débit binaire (Bit-rate) :</b> .....	<b>41</b>
<b>IV.6. Séquences de test et contrôle de l'encodeur :</b> .....	<b>41</b>
<b>IV.7. Les type de configurations :</b> .....	<b>42</b>
<b>IV.8. simulationet Résultats :</b> .....	<b>43</b>
<b>IV.9. Performances du HEVC et du VVC :</b> .....	<b>44</b>
<b>IV.10. Conclusion :</b> .....	<b>49</b>
<b>Conclusion Générale :</b> .....	<b>51</b>
<b>Bibliographie:</b> .....	<b>53</b>

---

---

# ***Introduction Générale***

---

---

# INTRODUCTION GENERALE

La technologie de communication sans fil s'est considérablement développée au cours des dernières décennies et est devenu l'un des types les plus importants de transmission multimédia d'un appareil à un autre. Sans l'utilisation de fils ou de conducteurs électroniques, la communication sans fil permet d'obtenir des informations à transmettre en utilisant des ondes électromagnétiques.

Ces années, nous vivons une situation grave et inédite, la pandémie du coronavirus covid-19. Pour limiter la propagation du virus, des mesures de confinement ont été prises partout dans le monde. Ceci a conduit à une augmentation fulgurante du trafic internet (télétravail, vidéoconférences, vidéos à la demande, jeux, ... etc.). Les opérateurs du numérique, en coordination étroite avec les demandes formulées par les gouvernements se sont engagés à baisser la qualité des vidéos afin de préserver la bonne tenue des réseaux. C'est sur les vidéos, qui représentent aujourd'hui près de la moitié de l'utilisation de la bande passante, que se portent les efforts.

Cette situation a démontré l'importance du développement de codecs de compression vidéo de plus en plus performants. Le 07 Juillet 2020, l'institut Fraunhofer Heinrich-Hertz a annoncé la finalisation du standard H.266/Versatile Video Coding (VVC). Cet encodage de « prochaine » génération, promet de réduire la taille des vidéos de moitié, à qualité équivalente, par rapport à l'encodage de son prédécesseur, le H.265/HEVC (High Efficiency Video Coding).

C'est dans ce contexte que notre travail se place. Notre objectif est l'évaluation des performances de ce nouveau codec VVC par rapport au fameux HEVC. Les comparaisons se feront en termes de débit binaire (Bit Rate), de qualité (à travers la mesure du PSNR et du temps d'encodage. Un bon codec doit fournir un débit faible, une bonne qualité d'image sans grande complexité. Ces travaux de test sont d'une importance capitale pour tester les nouveaux codecs.

Pour mener cette étude, cinq séquences vidéo de classe A, B, C D et de résolutions différentes (2560x1600), (1920x1080), (832x480),(416x240) et (1280x720) pixels respectivement ont été utilisées. Les vidéos répondent aux critères du profil main et sont donc en format YUV, sous échantillonnées en 4 :2 :0 et codées sur 8 bits. Les simulations ont été conduites sur la configuration low-delay le plus adapté au streaming vidéo avec quatre paramètres de quantification QP= {22, 27, 32 et 37}.

## ***Plan de travail :***

Notre mémoire se compose de quatre chapitres :

- Le premier chapitre de ce mémoire, est consacré à la présentation des concepts de la compression vidéo.
- Le deuxième chapitre parle de la méthode de compression de la vidéo avec la norme HEVC/H 265.

- Le troisième chapitre parle de la méthode de compression de la vidéo avec la norme VVC/H 266.
- Le chapitre 4 fournit une description détaillée de la simulation, des démonstrations et des résultats obtenus en comparant les deux codecs des normes (HEVC, VVC). Notre méthode est suggérée afin de fournir des rapports de haute précision bons et suffisants, performances en termes de qualité.
- Enfin, nous clôturons notre manuscrit par une conclusion générale.

---

---

# *CHAPITRE I:*

## *Compression vidéo*

---

---

**I.1.Introduction :**

La compression des données, de façon simplifiée, c'est l'ensemble des méthodes que l'on utilise pour prendre un message long pour en faire un message court, sans perdre d'information importante. Nous trouvons de tels usages dans la vie de tous les jours et pas seulement dans les applications technologiques. Nous utilisons constamment des abréviations pour prendre des notes manuscrites plus rapidement, nous remplaçons des noms d'items par leurs numéros d'inventaire, etc.

**I.2. Définition de compression :**

La compression de données est un processus de réduction du nombre de bits utilisés pour stocker ou transmettre informations et diminuer l'espace parce que la taille de données est réduite, temps de transmission, et le cout. Compression de données est couramment utilisées dans les systèmes modernes de base de données [1]. La compression est effectuée par un programme qui utilise une formule ou un algorithme pour déterminer comment réduire la taille des données. Par exemple, un algorithme peut convertir une chaîne de bits (des 0 et des 1) en une chaîne plus petite de 0 et de 1 en utilisant un dictionnaire, ou encore en insérant une référence ou un pointeur dans une chaîne de 0 et 1 déjà détectée par le programme.

**I.3. Type de compression :**

Il y a deux concepts de compression importantes sont une compression sans perte et compression avec perte :

**I .3.1. Compression sans perte :**

Un algorithme de compression sans perte élimine uniquement les informations redondantes, de sorte que l'on puisse récupérer les données exactement lors de la décompression du fichier.

La compression des données sans perte est une compression sans aucune perte de qualité des données. Le fichier décompressé est une réplique exacte de l'original. La compression sans perte est utilisée lorsqu'il est important que les données d'origine et décompressées soient identiques. Cela se fait en réécrivant les données de manière plus efficace en termes d'espace, en supprimant toutes sortes de répétitions (taux de compression2 : 1).

Des exemples de méthodes sans perte sont :

- Codage de longueur de piste.
- Codage Huffman.
- Méthode Lempel-Ziv-Welsh (LZW).

**I.3.2. Compression avec pers :**

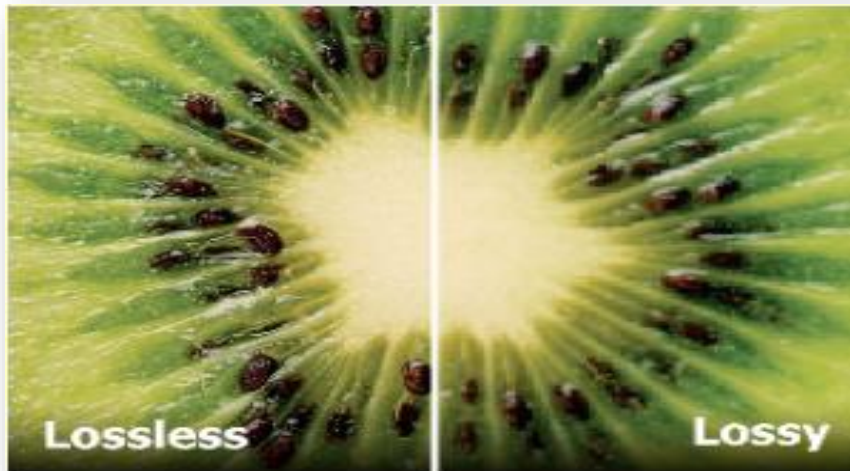
Une méthode de compression avec perte est une méthode dans laquelle la compression des données, puis leur décompression, récupère des données qui peuvent bien être différentes de l'original, mais qui sont (suffisamment proches) pour être utiles d'une certaine manière.

L'algorithme élimine également les informations non pertinentes et ne permet qu'une reconstruction approximative du fichier d'origine. La compression avec perte est également effectuée en réécrivant les données de manière plus efficace en termes d'espace, mais plus que cela : des détails moins importants de l'image sont manipulés ou même supprimés afin d'obtenir des taux de compression plus élevés. La compression avec perte est dangereusement intéressante car elle peut fournir des taux de compression de 100 :1 à 200 :1, selon le type d'informations compressées.

L'avantage des méthodes avec perte par rapport aux méthodes sans perte est que, dans certains cas, une méthode avec perte peut produire un fichier compressé beaucoup plus petit que toute méthode sans perte connue, tout en répondant aux exigences de l'application [2].

Des exemples de méthodes perte sont :

- PCM.
- JPEG.
- MPEG



**Figure I.1:** comparatif entre la compression d'image avec perte et sans perte.

On remarque que la qualité d'image qui est compressée avec les formats sans pertes est meilleurs que la qualité d'image qui est compressée avec les formats à pertes.

#### **I.4. Techniques de compression :**

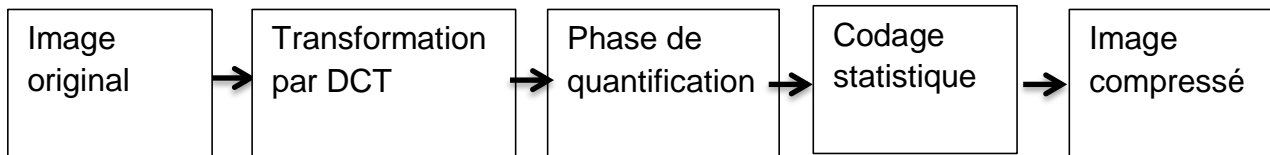
##### **I.4.1. Méthodes e compression sans perte :**

Dans le cas de la compression sans perte, le fichier compressé contient autant d'information que le fichier original, cette information est simplement plus «compacte ».On utilise un langage différent, ou méthode de codage, afin de réduire le nombre de bits pour exprimer la même information à transmettre.

### I.4.2. Méthodes de compression avec perte :

Ici, le principe consiste à exploiter les faiblesses de l'homme. En effet, notre ouïe et notre vue ne sont pas parfaites et de nombreuses informations contenues dans les fichiers audio ou visuels sont souvent inutiles car imperceptibles par nos sens. On comprend donc aisément que ce type de compression ne s'applique qu'aux fichiers audio, aux images, et aux films.

De plus, une altération moindre de la qualité audio ou vidéo peut permettre de très importants taux de compression (supérieurs à 10) [3].



**Figure I.2:** Schéma de principe de compression.

## I.5. Image :

### I.5.1. Définition :

Une image, fixe est une représentation binaire d'informations visuelles telles que des dessins, des graphiques, des logos ou des images vidéo individuelles. Les images numériques peuvent être sauvegardées électroniquement sur n'importe quel périphérique de stockage.

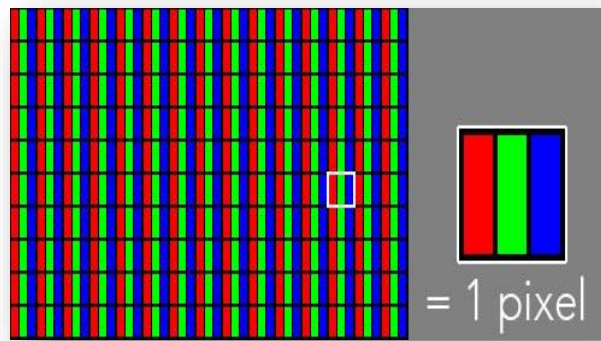
Le monde réel est tridimensionnel (3-D) dans l'espace. Cependant, les images obtenues à partir du monde réel sont généralement bidimensionnelles (2D). Une telle image 2D, dans la plupart des cas, est une lumière 2D fonction d'intensité (modèle de lumière 2D). Une image peut être représentée par un tableau 2D  $f(x, y)$ , où  $x$  et  $y$  sont des coordonnées spatiales et  $f$  est l'amplitude à toute paire de coordonnées  $(x, y)$  représentant certaines propriétés de la scène projetée sur l'image à ce point particulier.[4]

### I.5.2. Pixels :

Les pixels sont les plus petits éléments constitutifs d'une image numérique. Le nom de « pixel », abrégé px, provient de l'expression anglaise 'Picture élément', qui signifie « élément d'image » ou « point élémentaire ».

Un pixel est généralement rectangulaire ou presque carré et présente une taille comprise entre 0,18 mm et 0,66 mm de côté. Un pixel est le plus petit élément d'une surface d'affichage (écran, téléviseur) auquel on peut associer une couleur ou un niveau de gris et une intensité.

Dans le cas d'un écran en noir et blanc, chaque pixel correspond à un point. En revanche, dans le cas d'un écran couleur, chaque pixel est constitué de trois points de couleurs primaires (rouge, vert, bleu). En variant l'intensité de chacun de ces points, on peut afficher des milliers de couleurs différentes [5].

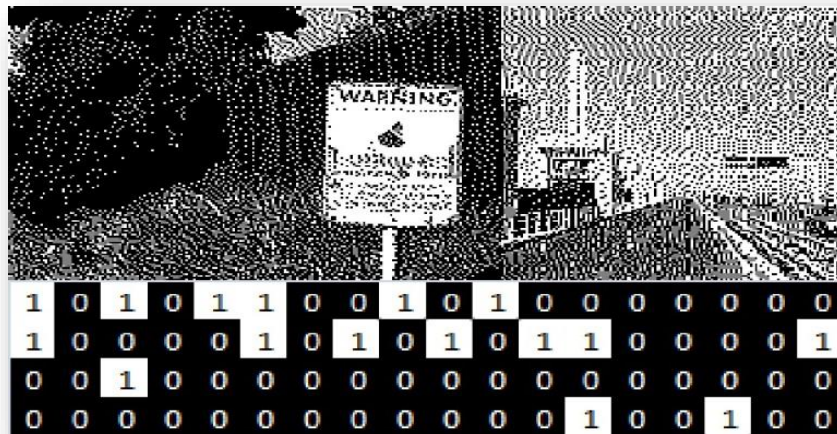


**Figure I.3:** Pixels dans une image couleur.

### I .5.3. Type d'image :

#### I .5.3.1. Image binaire :

Une image binaire est une image numérique qui n'a que deux valeurs possibles pour chaque pixel. Généralement, les deux couleurs utilisées pour une image binaire sont le noir et blanc. La couleur de premier plan tandis que le reste de l'image est la couleur de fond. Cela signifie que chaque pixel est stocké sous la forme d'un seul bit, c'est à dire 0 ou 1.



**Figure I.4:** Image binaire.

#### I .5.3.2. Image en niveaux de gris :

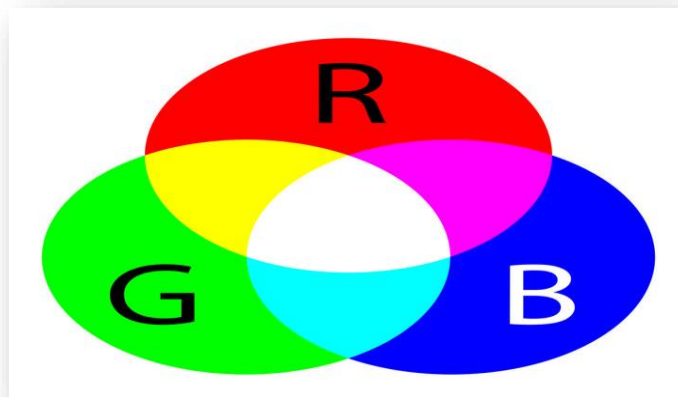
Les images en niveaux de gris se distinguent des images bicolores en noir et blanc à un bit, que dans le contexte de l'imagerie informatique sont des images avec seulement deux couleurs, le noir et le blanc (aussi appelé images binaires ou binaires). Les images en niveaux de gris ont plusieurs nuances de gris entre les deux.



**Figure I.5:** Image en niveaux de gris (0 -255).

### I.5.3.3. Image couleur :

Image 2D et l'image en niveaux de gris sont tableaux 2D, partout votre site a une valeur pour la représentation des pixels. N'oubliez pas de représenter l'image couleur dont nous avons besoin plus d'une valeur par pixel. Mais de combien de valeurs avons-nous besoin pour représenter la couleur ? Habituellement vous avez besoin de 3 valeurs par pixel pour représenter quelle couleur. Cela vient de l'idée que n'importe quelle couleur peut-il consiste à combiner 3 couleurs primaires : rouge, bleu et vert [6].



**Figure I.6:** Image couleur.

### I.5.4. La compression d'image :

Dans une image numérique, chaque pixel est défini par une série d'informations digitales. Plus l'image est de bonne qualité, plus il y a d'information, plus le fichier est lourd. En conséquence, ces images sont souvent compressées, c'est-à-dire qu'un codec est utilisé pour réduire le poids de l'image. Différents types de compression existent.

Le JPEG (joint photographic experts group) est le codec principalement utilisé en photographie numérique, car il est le mieux adapté à la compression de détails complexes (feuillage d'un arbre, trame d'un pull ...), et qu'il présente l'avantage que sa compression est réglable.

Généralement le terme JPEG fait référence à la norme JPEG, formellement ISO /CEI 10918-1 ou UIT-T Recommandation T.81. Cette norme décrit une méthode de compression basée sur le DCT (transformation en cosinus discrète). Elle spécifie uniquement la transformation d'une image brute en une suite de bits. Elle ne spécifie donc pas directement comment stocker les informations sur ses dimensions, son auteur, etc. Ceci est le rôle d'un format de fichier [7].

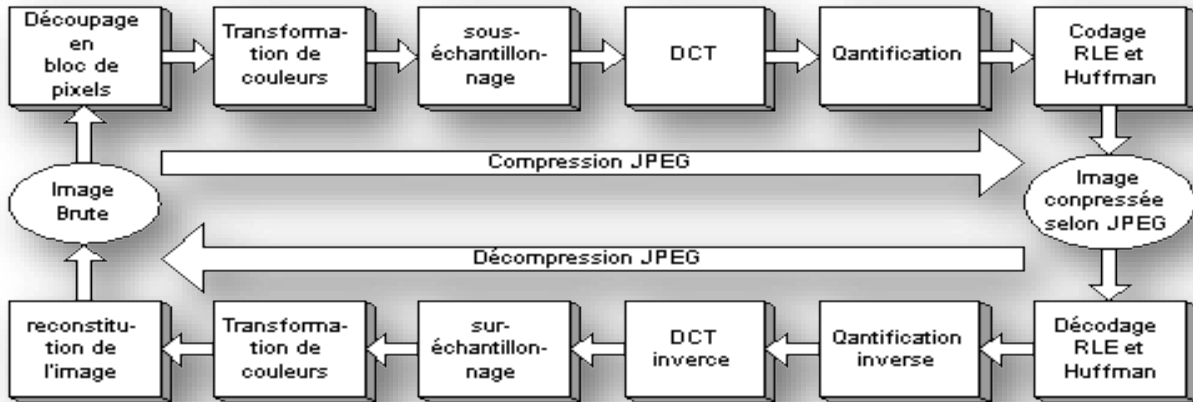


Figure I.7: Schéma de compression et décompression de JPEG.

## I.6. Vidéo :

### I.6.1. Définition :

La vidéo regroupe l'ensemble des techniques, technologie, permettant l'enregistrement ainsi que la restitution d'images animées, accompagnées ou non de son, sur un support adapté à l'électronique et non de type photochimique. Le mot vidéo vient du latin vidéo qui signifie « je vois ». C'est l'apocope de vidéophonie ou vidéogramme. Le substantif vidéo s'accorde en nombre, cependant, l'adjectif reste toujours invariable.

Un flux vidéo est composé d'une succession d'images, 25 par seconde en Europe (30 par seconde aux USA), composant l'illusion du mouvement. Chaque image est décomposée en lignes horizontales, chaque ligne pouvant être considérée comme une succession de points. La lecture et la restitution d'une image s'effectue donc séquentiellement ligne par ligne comme un texte écrit : de gauche à droite puis de haut en bas.

Il y a deux types de vidéo : vidéo analogique, vidéo numérique.

#### I.6.1.1. Vidéo analogique :

La vidéo analogique est créée dans une caméra vidéo en balayant un faisceau d'électrons à travers un luminophore. L'intensité du faisceau est déterminée par la quantité de lumière sur chaque petite zone du luminophore, qui lui-même répond à la lumière focalisée sur lui par une lentille. Ce faisceau est ensuite transmis à un enregistrement, dispositif de commutation ou d'affichage. Les commutateurs analogiques établissent simplement une connexion entre les appareils en fermeture d'un contact sec de relais. Les enregistreurs enregistrent simplement les changements de tension du faisceau d'électrons sur la bande et les dispositifs d'affichage

convertissent la tension en un faisceau d'électrons et la dirigent vers une autre surface de phosphore, qui est le moniteur d'affichage qui est visualisé.

### **I.6.1.2. Vidéo numérique :**

La vidéo numérique est stockée dans un format numérique sous forme d'uns et zéros, plutôt que sous forme de série d'images fixes capturées dans le film. Des signaux numériques, par opposition à analogiques, sont utilisés. Les informations sont traitées et stockées sous forme de séquence de données numériques pour une manipulation facile par des ordinateurs, mais la vidéo est toujours présentée au spectateur via un écran sous forme analogique.

### **I.6.2. L'acquisition vidéo : la conversion analogique /numérique :**

Le procédé de l'acquisition vidéo analogique et de sa conversion en numérique peut s'assimiler au passage du langage oral au langage écrit. Pour prendre en note le discours oral d'une personne, cette dernière ne doit pas parler trop rapidement. Certes la personne pourrait ralentir son débit de parole mais si l'on assimile ces paroles avec le signal vidéo analogique, on comprend aisément que le débit ne peut pas être ralenti. On procède donc à l'échantillonnage du discours, c'est-à-dire que l'on ne saisit que des « morceaux » de message pour les retranscrire par la suite. La précision de la retranscription dépend donc directement du nombre d'échantillons de discours prélevés. Pour la vidéo, le phénomène est identique : il est nécessaire avant toute chose de connaître le signal et de savoir quels sont les signaux à numériser.

Le signal vidéo numérique devait, sans aucun doute, être identique pour tous les pays : l'idée était de numériser des données communes aux systèmes 625 lignes (PAL, SECAM) et 525 lignes (NTSC). Le CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications) a donc unanimement décidé de numériser de façon séparée les signaux de luminance (Y) et de chrominance (Cr, Cb). Un système basé sur le codage numérique des composantes vidéo exclut tous les problèmes qu'auraient pu engendrer un codage de signal vidéo composite et compatibilité à échelle mondiale. Ce système devait donc apparaître comme étant l'accessoire principal d'un développement de nouveaux équipements, mais aussi et surtout d'un échange international de données, constituant la base de l'audiovisuel : la communication.

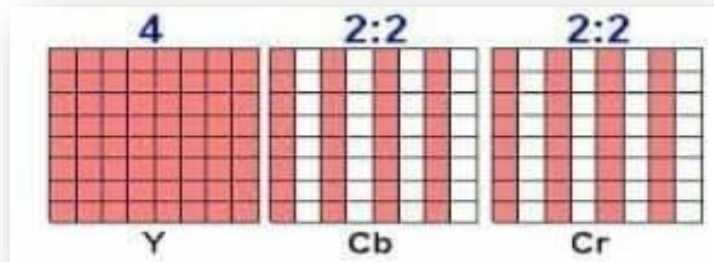
#### **I.6.2.1. L'échantillonnage :**

L'échantillonnage d'un signal, c'est le découpage en tranches temporelles ou « échantillons » de ce dernier. Il est directement suivi de la quantification qui consiste à convertir la valeur de l'échantillon en valeur numérique représentée un nombre entier. Il est donc nécessaire que le rythme de découpage (fréquence d'échantillonnage) soit élevé pour pouvoir retranscrire les variations du signal les plus brèves. Car si l'intervalle de temps entre deux échantillons consécutifs est supérieur au temps de la variation la plus rapide du signal d'origine, cette dernière se trouvera perdue et ne sera pas prise en compte dans le signal numérique.

Par conséquent, la fréquence d'échantillonnage doit être  $f_e > 2F_{\max}$  pour respecter la représentation d'origine.

Ces fréquences d'échantillonnage déterminées par le CCIR s'apparentent aux chiffres 4,2 et 2. Pour un groupe de 8 pixels (4 pixels par ligne et sur 2 lignes), le chiffre 4 représente le nombre

de valeurs indiquées par ligne pour la luminance (13,5 MHz), 2 le nombre de pixels possédant une valeur propre chrominance (6,75MHz=13,5/2) sur les lignes paires, et le dernier 2 idem pour les lignes impaires. C'est ainsi que la norme CCIR 601, née de ces études, prit le nom courant de norme 4 ; 2 ; 2.



**Figure I.8:** La norme d'échantillonnage.

### I.6.2.2. Quantification :

La quantification du signal vidéo est uniforme, linéaire et s'effectue de façon séparée sur Cr et Cb. Initialement fixée sur 8 bits, la quantification du signal vidéo de la norme 4 : 2 : 2 est passée à 10bits. En effet, une quantification sur 8 bits permet de disposer de  $2^8=256$  niveaux numériques (dont 220 utiles pour représenter les niveaux de gris) ce qui n'est parfois pas suffisant. Pour un dégradé de gris de blanc au noir, par exemple, « effet d'escalier » apparaît après numérisation. De plus, le rapport S/B (signal à bruit) d'une quantification sur 8 bit est de 56 dB alors que les caméras d'aujourd'hui atteignent les 60 dB. Le CCIR a donc choisi de quantifier le signal vidéo sur 10 bits, ce qui donne 1024 niveaux (dont 880 utiles) soit 4 fois plus qu'une quantification sur 8 bits, et avec pour rapport S/B 68 dB [8].

### I.7. La compression de vidéo :

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.

#### I.7.1. Vidéo codecs :

Un codec est une norme de compression. La vidéo ou l'audio brut est compressé lors de l'encodage et décomprimé (décodé) lors de la lecture. MP3 est un codec audio-une norme de compression que les lecteurs MP3 savent décoder, et les encodeurs MP3 savent comment encoder. Certains des plus importants sont H.264, HEVC, MPEG-2, DivX, XviD... [9].

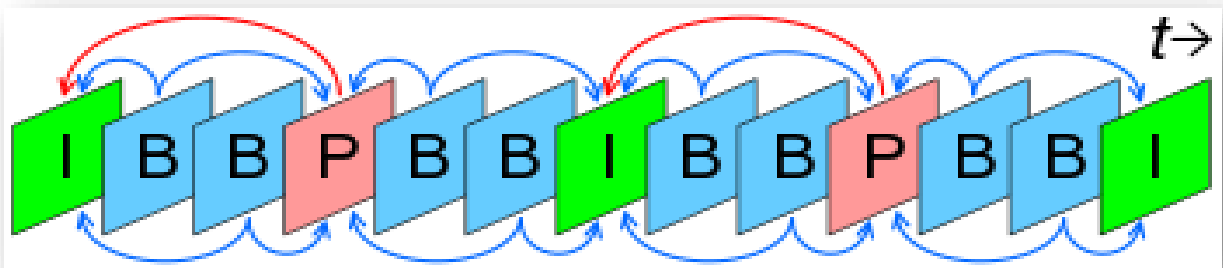
## I.7.2. Groupe d'images (GOP) :

Dans toutes les normes de codage vidéo, les GOP sont utilisés pour définir des relations de codage dans une séquence de trames vidéo. De manière générale, tous les modes GOP, commencent par un I/Key Intra-image qui est codé de manière indépendante sans faire référence à d'autres images. L'accès aléatoire dépend de l'utilisation de la première image clé dans le GOP. En général, nous prévoyons que l'utilisation de plus grandes tailles de GOP conduira à plus d'efficacité de compression.

Un GOP peut contenir les types d'images suivants :

- **Image I : ou I-frame (image à codage interne): Image de référence.** C'est une image fixe et indépendante des autres types d'image. Chaque GOP commence avec une image de ce type.
- **Image P : ou P-frame (image à codage prédictif):** Cette image contient des informations de différence (par prédiction compensée de mouvement) avec l'image I (ou image P) passée. C'est également une image de référence.
- **Image B : (image à codage prédictif bidirectionnel):** Cette image comprend des informations de différence avec les images I (ou image P) passées et futures à l'intérieur d'un GOP. Afin d'éviter une trop grande propagation d'erreur de prédiction, les images B ne sont généralement pas exploitées en tant qu'image de référence.

Un GOP comprend une seule image I qu'est en conformité à la première image à encoder. Elle est suivie d'une succession d'images P et B dont le motif se répète jusqu'à la fin du GOP.



**Figure I.9:** Structure d'un GOP dans un codec vidéo.

## I.7.3. Les normes de compression vidéo :

### I.7.3.1. JPEG :

Apparu en 1989, JPEG est une norme de compression des images fixes. Cette norme a été développée à la base en ce qui concerne l'informatique. Le JPEG exploite les redondances spatiales. La compression se fait avec perte d'information

Dans ce standard une séquence vidéo est une succession d'images fixes. Le principe adopté pour la compression d'images fixes en JPEG qui est appliqué aux séquences animées. Il a donné naissance au Motion JPEG, appelé aussi MJPEG. Il est employé par la plupart des cartes d'acquisition vidéo et dans la technologie DV (Digital Vidéo). La compression temporelle utilise une toute autre méthode, en constatant qu'il y a peu de différences entre des images consécutives. C'est le principe utilisé par le MPEG qui s'avère environ 4 fois moins gourmand en espace disque que le MJPEG, à qualité visuelle égale. Le codage du JPEG et du M-JPEG est intra-image.

### **I.7.3.2. MPEG-1 :**

MPEG-1 est une norme pour la compression avec perte de la vidéo et de l'audio destinée aux applications multimédia. Il est conçu pour compresser des images animées et des données audio associées pour les supports de stockage numérique jusqu'à environ 1,5 Mbit/s, rendant les CD vidéo, télévision numérique par câble et satellite et diffusion audio numérique (DAB) possible. Le MPEG-1 reprend l'élimination des redondances spatiales (comme le JPEG, le codage est dit intra-image, et exploite aussi les redondances temporelles entre les images (le codage est dit inter-image)

Aujourd'hui, MPEG-1 est utilisé dans un grand nombre de produits et de technologies. La partie la plus connue de la norme MPEG-1 est peut-être le format audio MP3. La norme MPEG-1 est publiée en tant que norme ISO / CEI 11172.

La norme se compose des cinq parties suivantes :

- Systèmes (stockage et synchronisation de la vidéo, de l'audio et d'autres données ensemble).
- Vidéo (contenu vidéo compressé).
- Audio (contenu audio compressé).
- Test de conformité (test de l'exactitude des implémentations de la norme) .
- Logiciel de référence (exemple de logiciel montrant comment encoder et décoder selon la norme).

### **I.7.3.3. H.261 :**

La norme H.261 est une ITU-T (International Télécommunication Union Télécommunication) norme de compression vidéo réalisée en 1990, d'abord Il s'agit du premier membre de la famille de normes de codage vidéo H.26x dans le domaine du VCEG (Vidéo Coding Experts Group) de l'ITU-T. Il s'agissait de la première norme de codage vidéo utile en pratique.

Le modèle H.261 a été conçu à l'origine pour la transmission sur des lignes RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) sur lesquelles les débits de données sont des multiples de 64 kbit / s. L'algorithme de codage a été conçu pour pouvoir fonctionner à des débits vidéo compris entre 40 kbit / s et 2 Mbit / s. La norme prend en charge deux tailles d'images vidéo : CIF et QCIF (en utilisant un échantillonnage 4: 2: 0. Il a également une astuce rétro compatible pour l'envoi d'images fixes avec une résolution de 704 × 576 luminance et une résolution de 352 × 288 chrominance (qui a été ajouté dans une révision ultérieure en 1993). Les images peuvent être codées I ou P mais pas B.

**I.7.3.4. H.263 :**

H.263 est une norme de compression vidéo conçue à l'origine comme un format compressé à faible débit binaire pour la vidéoconférence. Il a été développé par VCEG dans le cadre d'un projet achevé en 1995/1996 en tant que membre de la famille de normes de codage vidéo H.26x dans le domaine de l'UIT-T. L'ajout de diverses fonctions améliorées supplémentaires en 1998 et 2000. Des ajouts plus modestes ont également été faits en 1997 et en 2001, et une édition unifiée a été produite en 2005.

Les formats supportés par cette norme sont le Sub-QCIF et le QCIF et optionnellement le CIF le 4CIF et le 16CIF. L'utilisation d'image B est possible. En plus de cette configuration de base, six options de codage ont été ajoutées afin d'augmenter les performances du codage et ses fonctionnalités. La version 2 de la recommandation H.263 (1998), souvent appelée H.263+ met en œuvre douze options supplémentaires et permet désormais de définir des formats et des fréquences du vidéo personnalisé. Les options ajoutées améliorent la qualité et la résistance aux erreurs.

La dernière version de H.263 (2000) appelé H.263++ ajoute trois options. Outre amélioration en termes de qualité et de taux de compression, elle prend mieux en compte la transmission vidéo en temps réel sur un réseau à qualité de service non garantie (perte de paquets...).

**I.7.3.5. MPEG-4 AVC :**

H.264 est un format ou norme de codage vidéo dont une première version. La première version a été approuvée en mai 2003 et la plus récente date d'avril 2012 et on retrouve cette norme très simplement autour de nous : les chaînes de TNT qui diffusent en 1080i, par exemple, font appel à cette forme de MPEG-4. par le Groupe d'experts des images animées (MPEG) ISO / CEI (ISO / IEC JTC1 / SC29 / WG11). ISO / CEI 14496. Les utilisations du format MPEG-4 comprennent la compression de données audiovisuelles pour la diffusion sur le Web (diffusion en continu) et la distribution de CD, la voix (téléphone, vidéophone) et la télédiffusion. La norme permet le codage d'une grande variété de format vidéo (taille, résolution, fréquence vidéo) mais aussi le codage d'objets vidéo de forme arbitraire, d'images fixes ainsi que d'objets synthétiques 3D. les usages de MPEG-4 englobent toutes les nouvelles applications multimédias comme le téléchargement et le streaming sur Internet, le multimédia sur téléphone mobile, la radio numérique, les jeux vidéo, la télévision HD.

MPEG-4 AVC Part 10 a été développé en collaboration avec ITU-T en tant que recommandations H.264. Le codec H.264/AVC est donc adapté à une très grande variété de réseaux et de systèmes (par exemple, pour la diffusion de la télévision, le stockage HD DVD et Blu-ray, le streaming RTP/IP, et des systèmes de téléphonie propre à l'UIT-T). La norme UIT-T H.264 et la norme ISO/CEI MPEG-4 Part 10 (ISO/CEI 14496-10) sont techniquement identiques, et la technologie employée est aussi connue sous le nom AVC, pour Advanced Vidéo Coding.

**I.7.3.6. HEVC / H.265 (High Efficiency Video Coding):**

HEVC est une nouvelle norme de codage vidéo qui a été développée pour améliorer l'efficacité du codage avec une meilleure transmission réseau. Ce codec permet une réduction de 50% du stockage par rapport à son prédécesseur, le H264 / AVC, tout en conservant le même niveau

de qualité d'image élevé. La norme HEVC/ H.265 a été développée par le Groupe (MPEG) ISO / IEC et le groupe VCEG de l'ITU-T. HEVC est également connu comme ISO / IEC 23008-2 MPEG-H Partie 2 et ITU-T H.265. HEVC peut prendre en charge la vidéo 8K UHD et supporte techniquement jusqu'à 300 images par seconde, avec une taille d'image allant jusqu'à 8192x4320 pixels.

Dans le codeur HEVC, chaque trame d'une séquence vidéo est fractionnée en blocs de tailles différentes (16, 32 ou 64). Dans un GOP, l'intra prédiction est utilisée pour la première trame qui exploite la redondance spatiale de l'image, puis le reste des trames qui exploitent la redondance temporelle sont traitées en utilisant l'inter-prédiction [10].

### **I.8. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons destiné tous les anciens ou nouveaux outils de compression vidéo et 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.

---

---

*CHAPITRE II:*

*HEVC/H.265*

*(High Efficiency Video coding)*

---

---

## II.1. Introduction :

Depuis l'avènement de la technologie vidéo numérique à la fin des années 1980, la quantité de données vidéo fournies sur le réseau de communication mondial n'a cessé d'augmenter. Des données récentes montrent que la vidéo représentait 75% du trafic Internet Protocol en 2017 et qu'elle devrait dépasser 80% en 2022. Les schémas de compression vidéo sont donc essentiels pour réduire significativement la capacité de stockage des données, ou la bande passante de données pour la transmission de ces mégas donnés. Telles sont les motivations derrière plus de 30 ans de développement de normes de codage vidéo à UIT (depuis H.261 en 1988) et ISO (depuis MPEG-1 en 1993).

Les normes de codage vidéo de pointe actuelles dans le contexte de l'UIT, de l'ISO et des forums industriels sont : High Efficiency Vidéo Coding (HEVC/H.265), Essential Vidéo Coding (EVC), Versatile Vidéo Coding (VVC/H.266), et AV1. Le codage vidéo haute efficacité (HEVC) est une norme de compression vidéo qui a le potentiel d'offrir de meilleures performances que les normes antérieures telles que H.264 / AVC.

## II.2. High Efficiency Video Coding (HECV):

HEVC [11] est la nouvelle norme de compression vidéo, elle est désignée d'être le successeur de H.264/AVC, le format de codage vidéo H.265 a été lancé dans des produits dès 2013. En Janvier 2013, de nombreux représentants des télécoms, de l'informatique, de l'industrie, de l'électronique et du monde de la télévision ont approuvé la publication d'un brouillon pour la norme High Efficiency Vidéo Coding (HEVC). C'est le format de codage vidéo H.265 qui doit prendre la suite de la norme actuelle H.264/AVC. Si H.264 est utilisé pour l'encodage et le décodage vidéo HD et Full HD, H.265 a été conçu pour accompagner le contenu 4K (4 096 x 2 160 pixels), d'améliorer les performances du H.264 et de doubler le niveau de compression sans pour autant compromettre la qualité de l'image. On dit que le H.265 peut faire de 35 à 67% de mieux que le H.264 en compression [12].

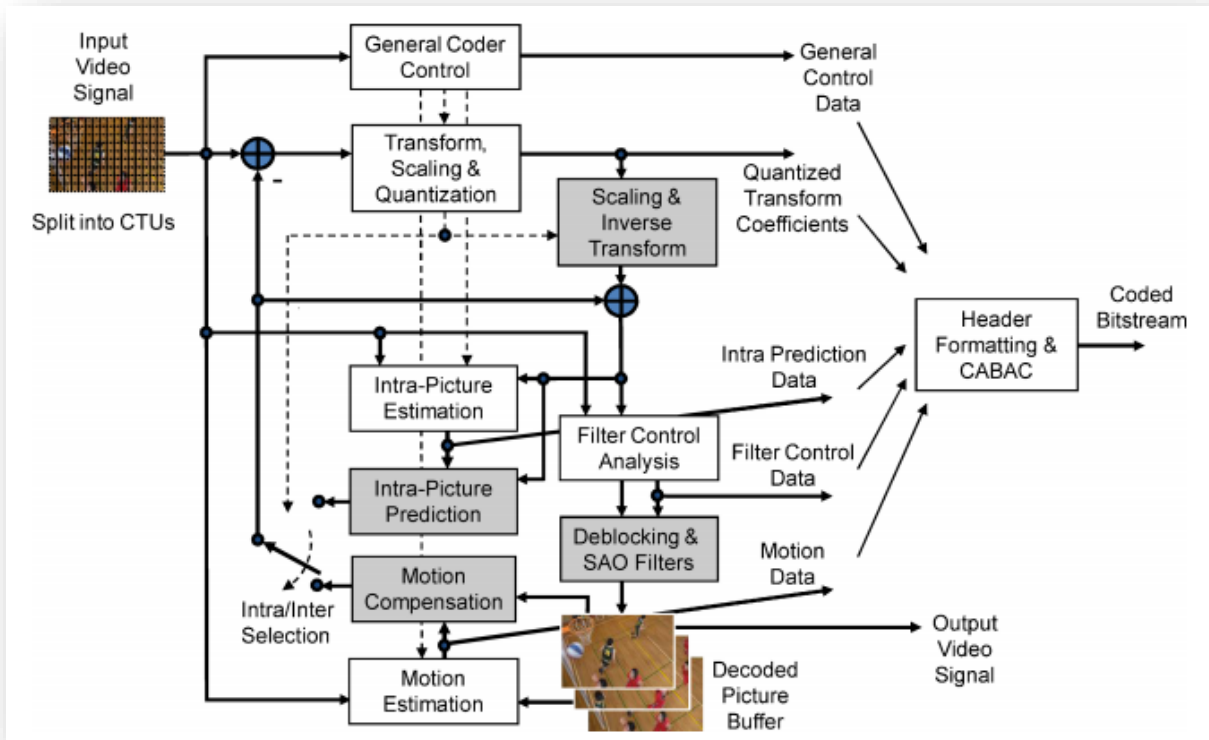
Une norme internationale pour la compression vidéo. Développé par un groupe de travail de l'ISO / CEI MPEG (Moving Picture Experts Group) et de l'UIT-T VCEG (Vidéo Coding Experts Group), HEVC est une norme internationale, publiée conjointement en tant qu'ISO / CEI 23008-2 et Recommandation UIT-T H. 265. HEVC est publié sous forme de document (le standard lui-même) avec une implémentation logicielle de référence (le modèle de test, HM) [13].

La norme HEVC a adopté la même architecture basic de codage vidéo de la précédente norme H.264/AVC, cette architecture est basée sur :

- Block hybrid coding scheme: Advanced intra and inter coding modes.
- Motion compensated prediction.
- Transform coding with high efficiency entropy coding: Context Adaptive Binary Arithmetic Coding (CABAC).
- Flexible quad-tree partitioning structure with a large block size 64 x 64.

- New partitions: Coding units, Prediction units and Transform units.

Le résultat est une norme de codage vidéo qui peut permettre une meilleure compression, au prix d'une puissance de traitement potentiellement accrue.



**Figure II.1:** Model HEVC d'encodeur vidéo.

HEVC vise à fournir une amélioration par étape de la compression vidéo par rapport aux normes antérieures. Le prédécesseur de HEVC, la norme H.264 / AVC, a été publié pour la première fois en 2003. Depuis lors, la vidéo numérique est devenue de plus en plus omniprésente. La haute définition est désormais la norme pour de nombreux appareils et applications. HEVC a été développé pour répondre aux tendances suivantes :

- Utilisation généralisée de la vidéo numérique, à des résolutions de plus en plus élevées, ce qui met une pression importante sur la capacité du réseau.
- Utilisation croissante des résolutions vidéo au-delà de la HD, ce qui alourdira encore davantage la charge sur les réseaux et le stockage.
- Amélioration continue de la capacité de traitement. En 2013, un combiné mobile ou une tablette aura probablement plus de puissance de calcul qu'un ordinateur de bureau à partir de 2003[13].

### II.3. Echantillonnage et la représentation de l'image :

Pour la représentation de couleur de signal vidéo, HEVC utilise l'espace couleur YCrCb avec les différents formats ( 4:2:0, 4:4:4, 4:2:2, 4:1:1 ). Cette séparation de représentation couleur en

trois composantes sont appelés Y, Cr et Cb. La composante Y est nommée Luma, les deux autres composantes Cr, Cb sont appelés Chroma [14].

Le système visuel humain est très sensible au Luma que chroma, donc le format 4 :2 :0 est utilisé, où chaque composante de chroma est sous-échantillonnée par un facteur de deux horizontalement et verticalement. Chaque pixel de chaque composante est représenté par 8 ou 10-bit pour la précision, et 8-bit est le cas le plus typique.

#### II.4. La structure de codage :

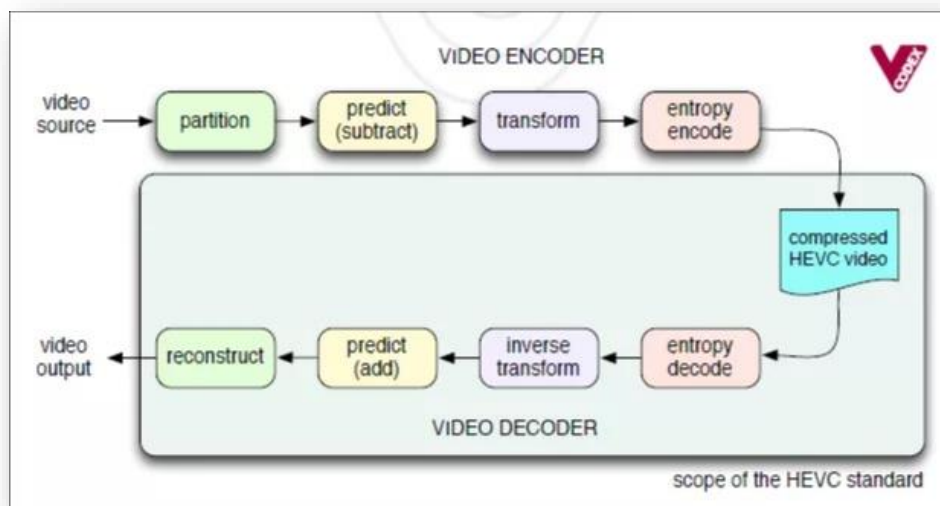
HEVC est basé sur la même structure générale que les normes précédentes. La vidéo source, constituée d'une séquence d'images vidéo, est codée ou compressée par un encodeur vidéo pour créer un train de bits vidéo compressé. Le train de bits compressé est stocké ou transmis. Un décodeur vidéo décompresse le train binaire pour créer une séquence d'images décodées.

Les étapes effectuées par un encodeur vidéo (Figure 2) comprennent :

- ❖ Partitionner chaque image en plusieurs unités.
- ❖ Prédire chaque unité à l'aide de la prédiction inter ou intra, et soustraire la prédiction de l'unité.
- ❖ Transformer et quantifier le résidu (la différence entre l'unité d'image originale et la prédiction).
- ❖ Entropie codant la sortie de la transformation, les informations de prédiction, les informations de mode et les en-têtes.

Un décodeur vidéo inverse les étapes :

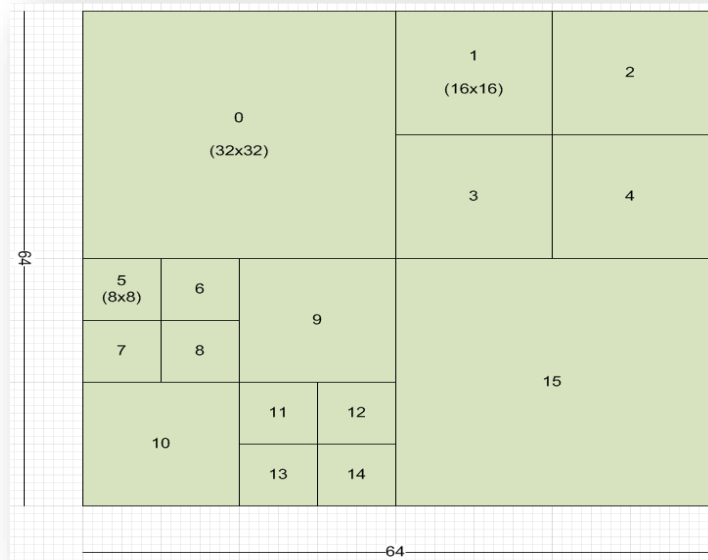
- ❖ Décodage d'entropie et extraction des éléments de la séquence codée
- ❖ Redimensionner et inverser l'étape de transformation
- ❖ Prédiction de chaque unité et ajout de la prédiction à la sortie de la transformée inverse
- ❖ Reconstruction d'une image vidéo décodée [13].



**Figure II.2:** Structure d'un HEVC encodeur et décodeur.

### II.4.1. Partitionnement d'image :

Au lieu de Macroblocs, les images HEVC sont divisées en ce que l'on appelle des coding tree blocs, ou CTB en abrégé, qui apparaissent dans l'image dans l'ordre des trames. Selon les paramètres de flux, ils sont soit 64x64, 32x32 ou 16x16. Chaque CTB peut être divisé de manière récursive dans une structure à quatre arbres, jusqu'à 8x8. Ainsi, par exemple, un CTB 32x32 peut être composé de trois régions 16x16 et quatre 8x8. Ces régions sont appelées unités de codage ou UC. Les UC sont l'unité de base de la prédiction dans HEVC. Si vous avez prêté attention, vous avez déjà déduit que les UC peuvent être 64x64, 32x32, 16x16 ou 8x8. Les CU d'un CTB sont traversés et codés dans l'ordre Z [15].



**Figure II.3:** Exemple de commande dans un CTB 64x64.

### II.4.2. Blocs et Unités :

L'entité de base de codage est l'arbre de blocs de codages et son correspondant arbre d'unité de codage. Les CTU (Coding Tree Unit) contient les CTBs des composantes d'espace couleurs YUV (Figure II.4). Un CTB est la racine d'un arbre quaternaire (Quadtree en anglais) partitionné en blocs de codages (CB : Coding Block). Un bloc de codage est divisé en une ou plusieurs blocs de prédictions (PB : Prédiction Block), qui constitue la racine d'un arbre de partitionnement quaternaire de blocs de transformation (TB : Transform Block). En conséquence, une unité de codage (CU : Coding Unit), contient l'unité de prédiction (PU : Prédiction Unit), et l'ensemble des unités de transformations (TU : Transform Unit). Alors un PU contient les informations communes pour toutes les composantes d'espace couleur, un TU contient la structure de syntaxe de codage résiduel séparé pour chaque composante d'espace couleur. L'emplacement et la taille de CBs, PBs, et TB de la composante Luma sont appliqués au correspondant unité de codage (CU), unité de prédiction (PU), et unité de transformation (TU). En conséquence, l'emplacement et la taille pour les blocs de chrominances sont dérivés de son correspond bloc en Luma [12] [16].

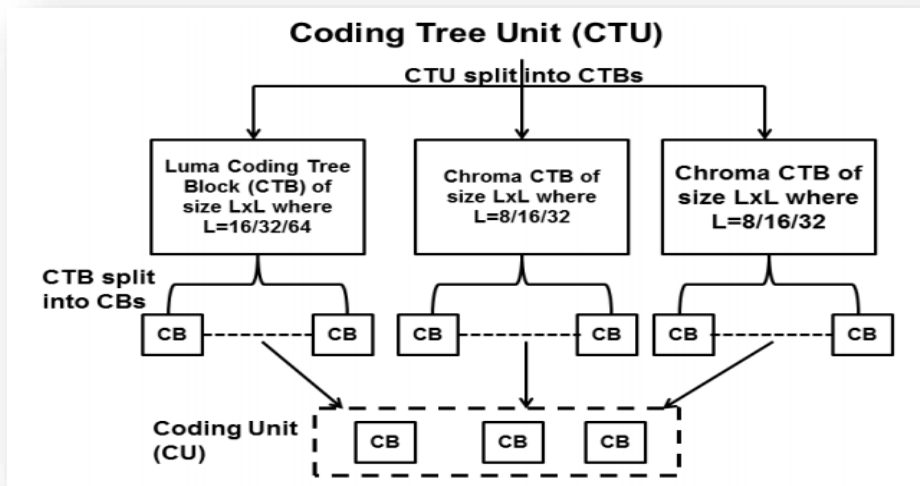


Figure II.4: La structure de subdivision des CTU en CB.

II .4.3. Coding Tree Block & Coding Bloc:

L'image est partitionnée en arbre blocs de codages, en forme de carré de taille  $2^n \times 2^n$ , ou  $n \in \{4, 5, 6\}$ , la plus petite taille d'un CTB est de  $16 \times 16$  qui correspond à la taille de Macrobloc tel qu'elle est utilisée dans la précédente norme H.264. En modifiant la taille de CTB jusqu'à  $64 \times 64$ , la structure de codage peut être adaptée à l'image de grande résolution ( $1920 \times 1088$ ).

Un CTB est la racine d'une structure d'arbre quaternaire de blocs de codages, d'une taille carrée. Le bloc de codage de son tour est la racine de la structure de bloc de prédiction et l'arbre quaternaire résiduel. Un CTB peut être représenté par un seul CB, comme il peut être divisé en quatre partitions de demi-taille verticalement et horizontalement. Chacun de ces partitions peut être lui-même un CB, ou peut-être encore une fois partitionné, et ainsi de suite. En HEVC, un CB peut avoir une taille minimale de  $8 \times 8$ . En résultant, l'arbre de partitionnement quaternaire est numérisé à l'aide d'un Z-scan afin de former la séquence de codage pour un CB. La figure 2.3 est un exemple d'un CTB partitionné en CB, et montre aussi à Z-scan ordre [12] [16].

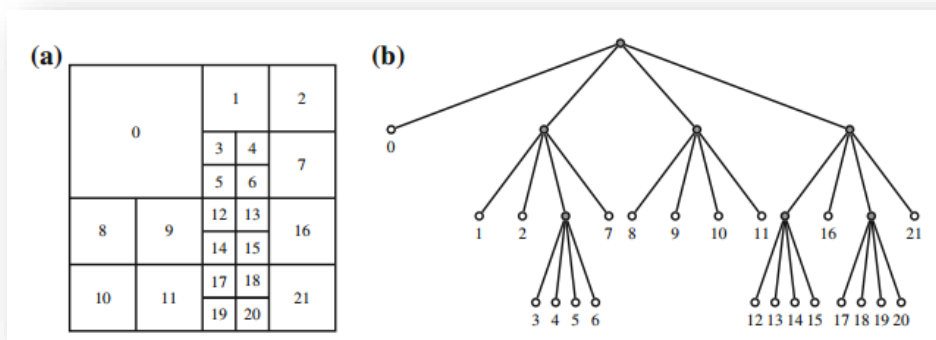
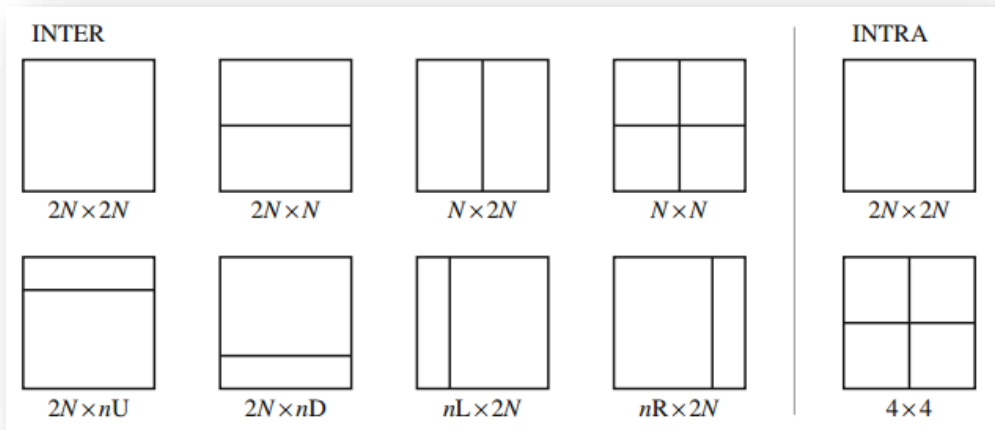


Figure II.5: Un CTB partitionné en CB.

(a) Partitionnement spatial. (b) l'Arbre quaternaire correspondant.

**II.4.4. Bloc de Prédiction :**

Pour la compensation du mouvement inter prédiction et intra prédiction, un CB est partitionné en bloc de prédiction (PB). Pour intra prédiction, la taille PB est en général identique à celle de CB, sauf la taille minimale d'un CB qui est de 8 x 8 et celle d'un PB est 4 x 4. Pour Inter prédiction d'un CB, huit différentes partions pour un PB sont valables. Le partitionnement d'un PB pour intra et inter sont représentés dans la figure 2.4 [12] [16].

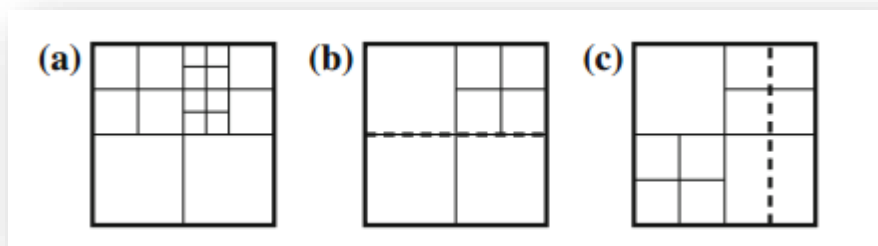


**Figure II.6:** Partitionnement un CB de taille 2N x 2N en PB, avec n=N/2.

Pour les partitionnements asymétriques de CB, les indices U, D, L, et R désignent respectivement Up, Down, Left, et Right. Pour le codage intra, seul les CBs de taille 8 x 8 sont autorisés d'être partitionnés en quatre blocs de taille 4 x 4.

**II.4.5. Transform Tree and Transform Block :**

Un CB est partitionné en PB, chaque PB est une racine d'un autre arbre quaternaire appelé arbre de transformation (Transform Tree). Les feuilles de cet arbre sont des TB (Transform Block). La taille de TB définit la taille de l'objet de la transformation résiduelle. La taille minimale d'un TB est de 4 x 4, la taille maximale est de 64 x 64. Un TB de taille 64 x 64 subit implicitement une subdivision en quatre TB de taille 32 x 32 comme une taille maximale valable pour un TB. Un exemple de TB partitionnement est représenté dans la Figure. II .7 [12] [16] [17].



**Figure II.7:** Exemple d'une CB partitionné en PB et TB.

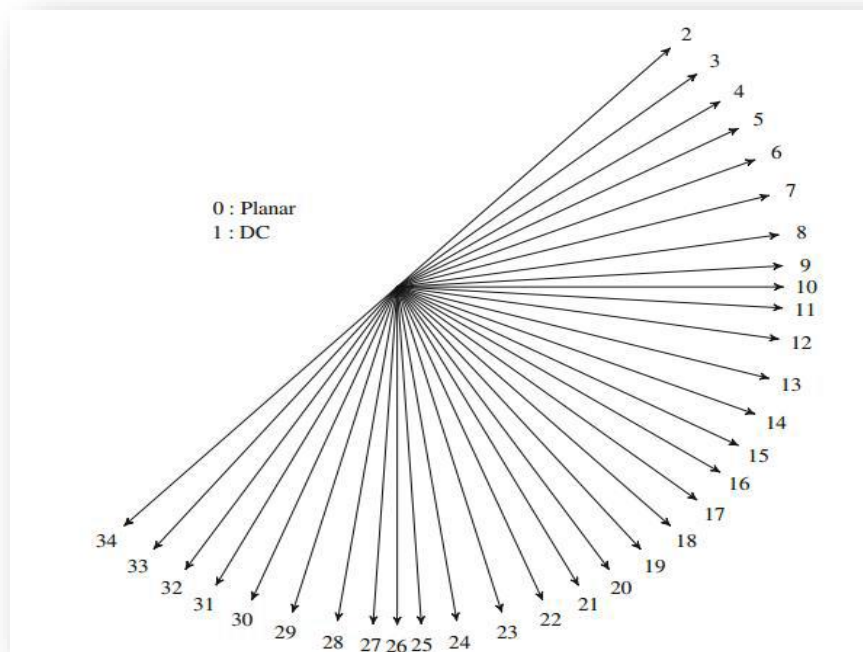
### II.5. Intra Prédiction :

La décision pour appliquer intra ou inter prédiction est indiquée par un flag dans chaque CU. Pour une image de type I, seulement le mode intra sera appliqué, par contre dans une image de type P ou B chaque CU peut être codé soit en intra ou bien en inter.

HEVC spécifie 33 modes directionnels pour la prédiction intra par rapport aux 8 modes directionnels pour la prédiction intra spécifiés par H.264 / MPEG-4 AVC [12]. HEVC spécifie également les modes de prédiction intra DC et de prédiction planaire [12]. Le mode de prédiction intra DC génère une valeur moyenne en faisant la moyenne des échantillons de référence et peut être utilisé pour des surfaces planes [12]. Le mode de prédiction planaire dans HEVC prend en charge toutes les tailles de bloc définies dans HEVC tandis que le mode de prédiction planaire dans H.264 / MPEG-4 AVC est limité à une taille de bloc de  $16 \times 16$  pixels [2]. Les modes de prédiction intra utilisent des données provenant de blocs de prédiction voisins qui ont été préalablement décodés à partir de la même image [12].

**Tableau II.1:** La relation entre le numéro de mode intra prédiction et son nom associé.

Numéro de mode d’Intra prédiction	Le nom associé
0	INTRA_PLANAR
1	INTRA_DC
2 . . . 34	INTRA_ANGULAR[i], i=2 . . . 34



**Figure II.8:** Mode Intra prédiction, et la prédiction angulaire.

## II.6. Inter Prédiction : Prédiction de vecteur de mouvement :

L'inter prédiction en HEVC peut être considéré comme une amélioration constante, et une généralisation de toutes les parties communes entre les précédentes normes de codages vidéo, par exemple H.264/AVC. HEVC permet deux modes MV qui sont la prédiction avancée de vecteur de mouvement (AMVP) et le mode de fusion [12]. AMVP utilise les données de l'image de référence et peut également utiliser les données des blocs de prédiction adjacents. Le mode de fusion permet aux MV d'être hérités des blocs de prédiction voisins [12]. Le mode de fusion dans HEVC est similaire aux modes d'inférence de mouvement «sautés» et «directs» dans H.264 / MPEG-4 AVC, mais avec deux améliorations. La première amélioration est que HEVC utilise les informations d'index pour sélectionner l'un des nombreux candidats disponibles. La deuxième amélioration est que HEVC utilise les informations de la liste d'images de référence et de l'index des images de référence [12].

## II.7. 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 carrés TBs, comme il est décrit dans la section 2.2.4. 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 [12] [16] [18].

### II.7.1. La transformation :

Deux dimensions de transformation sont calculées en appliquant 1-D transformation dans les directions horizontal et vertical. Les éléments de noyau sont des matrices de transformations dérivées en rapprochant des fonctions DCT (discrète sinus Transform) des bases, en prenant en considération la limitation de la gamme dynamique nécessaire pour le calcul de la transformation, et la maximisation de la précision. Pour la simplicité, une seule matrice des nombres entiers, et de taille 32 x 32 est utilisée, et des versions sous-échantillonnées sont utilisées pour les autres tailles, à titre exemple, la matrice de transformation de taille 16 x 16 représentée ci-dessous. Les matrices de tailles 8 x 8, et 4 x 4, peuvent être dérivées par l'utilisation des premières huit lignes 0, 2, 4, ..., et les premières quatre lignes 0, 4, 8, ..., respectivement.

Bien que la norme HEVC spécifie la transformation simplement en termes de valeurs d'une matrice, les valeurs entières de la matrice ont été sélectionnées pour avoir des propriétés de la symétrie, ce qui permet une implémentation partielle est rapide des facteurs avec moins d'opérations mathématiques, et les grandes transformations peuvent être construites en utilisant la plus petite transformation, comme bloc de construction.

$$H = \begin{bmatrix} 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 & 64 \\ 90 & 87 & 80 & 70 & 57 & 43 & 25 & 9 & -9 & -25 & -43 & -57 & -70 & -80 & -87 & 90 \\ 89 & 75 & 50 & 18 & -18 & -50 & -75 & -89 & -89 & -75 & -50 & -18 & 18 & 50 & 75 & 89 \\ 87 & 57 & 9 & -43 & -80 & -90 & -70 & -25 & 25 & 70 & 90 & 80 & 43 & -9 & -57 & -87 \\ 83 & 36 & -36 & -83 & -83 & -36 & 36 & 83 & 83 & 36 & -36 & -83 & -83 & -36 & 36 & 83 \\ 80 & 9 & -70 & -87 & -25 & 57 & 90 & 43 & -43 & -90 & -57 & 25 & 87 & 70 & -9 & -80 \\ 75 & -18 & -89 & -50 & 50 & 89 & 18 & -75 & -75 & 18 & 89 & 50 & -50 & -89 & -18 & 75 \\ 70 & -43 & -87 & 9 & 90 & 25 & -80 & -57 & 57 & 80 & -25 & -90 & -9 & 87 & 43 & -70 \\ 64 & -64 & -64 & 64 & 64 & -64 & -64 & 64 & 64 & -64 & -64 & 64 & 64 & -64 & -64 & 64 \\ 57 & -80 & -25 & 90 & -9 & -87 & 43 & 70 & -70 & -43 & 87 & 9 & -90 & 25 & 80 & -57 \\ 50 & -89 & 18 & 75 & -75 & -18 & 89 & -50 & -50 & 89 & -18 & -75 & 75 & 18 & -89 & 50 \\ 43 & -90 & 57 & 25 & -87 & 70 & 9 & -80 & 80 & -9 & -70 & 87 & -25 & -57 & 90 & -43 \\ 36 & -83 & 83 & -36 & -36 & 83 & -83 & 36 & 36 & -83 & 83 & -36 & -36 & 83 & -83 & 36 \\ 25 & -70 & 90 & -80 & 43 & 9 & -57 & 87 & -87 & 57 & -9 & -43 & 80 & -90 & 70 & -25 \\ 18 & -50 & 75 & -89 & 89 & -75 & 50 & -18 & -18 & 50 & -75 & 89 & -89 & 75 & -50 & 18 \\ 9 & -25 & 43 & -57 & 70 & -80 & 87 & -90 & 90 & -87 & 80 & -70 & 57 & -43 & 25 & -9 \end{bmatrix}.$$

Figure II.9: Matrice de tailles 16 x 16.

Pour le bloc de transformation de taille 4 x 4, un nombre des entiers de transformation est dérivée de la fonction DST (*discrète sine Transforme*), ce dernier est appliqué sur des blocs résiduels de luma, dans une image intra, en utilisant la matrice ci-dessous. L'utilisation de la DST est limitée seulement au bloc luma de taille 4 x 4.

$$H = \begin{bmatrix} 29 & 55 & 74 & 84 \\ 74 & 74 & 0 & -74 \\ 84 & -29 & -74 & 55 \\ 55 & -84 & 74 & -29 \end{bmatrix}.$$

Figure II.10: Matrice de tailles 4 x 4.

### II.7.2. Quantification :

Etant donné que les lignes de la matrice de transformation, sont des approximations de valeurs proches de façon uniforme des fonctions de bases mises à l'échelle de la DCT orthonormé, l'opération de pré-échelonnage, qui est incorporée dans la dé-quantification de H.264/AVC, n'est pas nécessaire en HEVC. Cet évitement de fréquence spécifique à la fonction de mises à l'échelle de base, est utile pour réduire la taille de la mémoire intermédiaire, en particulier lorsque l'on considère que la taille de la transformation peut être aussi grande que 32 x 32 [12].

Pour la quantification, HEVC utilise essentiellement la même URQ (Uniform Reconstruction Quantization), contrôlée par un paramètre de quantification (QP) comme dans H.264/AVC. La gamme des valeurs QP est définie entre 0-51, et une augmentation de 6 fois de la taille de pas de quantification, telle que la cartographie des valeurs QP à l'étape d'approximativement logarithmique de la taille. En HEVC les matrices de quantifications sont aussi supportées, HEVC utilise 20 matrices de quantifications qui dépendent de la taille et le type de bloc de transformation (voir la Figure. II.9) [17] :

- ❖ Luma : Intra 4 x 4, Inter 4 x 4, Intra 8 x 8, Inter 8 x 8, Intra 16 x 16, Inter 16 x 16, Intra 32 x 32, Inter 32 x 32.
- ❖ Cb : Intra 4 x 4, Inter 4 x 4, Intra 8 x 8, Inter 8 x 8, Intra 16 x 16, Inter 16 x 16.
- ❖ Cr : Intra 4 x 4, Inter 4 x 4, Intra 8 x 8, Inter 8 x 8, Intra 16 x 16, Inter 16 x 16.

Default 4x4 for IntraLuma, IntraCb, IntraCr, InterLuma, InterCb, InterCr	Default 8x8 for IntraLuma, IntraCb, IntraCr	Default 8x8 for InterLuma, InterCb, InterCr
$\begin{bmatrix} 16 & 16 & 16 & 16 \\ 16 & 16 & 16 & 16 \\ 16 & 16 & 16 & 16 \\ 16 & 16 & 16 & 16 \end{bmatrix}$ <p>(Flat matrix)</p>	$\begin{bmatrix} 16 & 16 & 16 & 16 & 17 & 18 & 21 & 24 \\ 16 & 16 & 16 & 16 & 17 & 19 & 22 & 25 \\ 16 & 16 & 17 & 18 & 20 & 22 & 25 & 29 \\ 16 & 16 & 18 & 21 & 24 & 27 & 31 & 36 \\ 17 & 17 & 20 & 24 & 30 & 35 & 41 & 47 \\ 18 & 19 & 22 & 27 & 35 & 44 & 54 & 65 \\ 21 & 22 & 25 & 31 & 41 & 54 & 70 & 88 \\ 24 & 25 & 29 & 36 & 47 & 65 & 88 & 115 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 16 & 16 & 16 & 16 & 17 & 18 & 20 & 24 \\ 16 & 16 & 16 & 17 & 18 & 20 & 24 & 25 \\ 16 & 16 & 17 & 18 & 20 & 24 & 25 & 28 \\ 16 & 17 & 18 & 20 & 24 & 25 & 28 & 33 \\ 17 & 18 & 20 & 24 & 25 & 28 & 33 & 41 \\ 18 & 20 & 24 & 25 & 28 & 33 & 41 & 54 \\ 20 & 24 & 25 & 28 & 33 & 41 & 54 & 71 \\ 24 & 25 & 28 & 33 & 41 & 54 & 71 & 91 \end{bmatrix}$

Figure II.11: Matrice de quantification de TB de taille 4 x 4 et 8 x 8.

Pour réduire la mémoire nécessaire pour stocker les fréquences spécifiques, seules les matrices de quantification de taille 4 x 4 et 8 x 8 sont utilisées. Pour des TB de taille 16 x 16 et 32 x 32, une matrice de taille 8 x 8 est utilisée pour la construction de matrices de quantification de taille plus grande (voir la Figure. II .10).

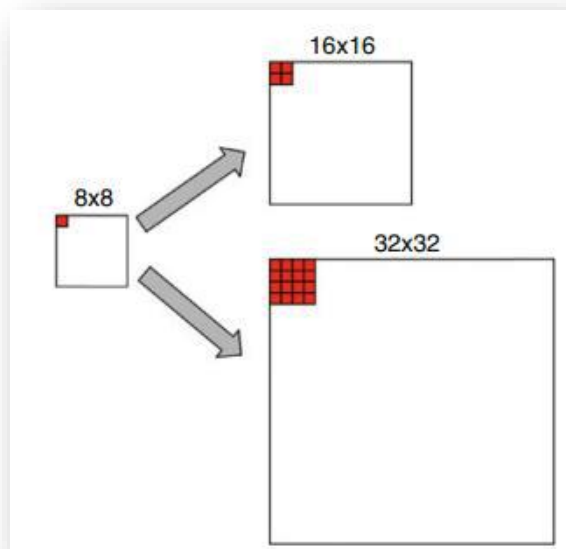


Figure II.12: Construction des matrices de quantifications de tailles 16 x 16, 32 x 32, à partir d'une matrice de quantification de taille 8 x 8.

### II.7.3. Codage entropique :

HEVC utilise un algorithme de codage arithmétique binaire adaptatif au contexte (CABAC) qui est fondamentalement similaire à CABAC dans H.264 / MPEG-4 AVC [12]. CABAC est la seule méthode d'encodeur d'entropie autorisée dans HEVC alors qu'il existe deux méthodes d'encodage d'entropie autorisées par H.264 / MPEG-4 AVC [12]. CABAC et le codage entropique des coefficients de transformée dans HEVC ont été conçus pour un débit plus élevé que H.264 / MPEG-4 AVC [19], tout en maintenant une efficacité de compression plus élevée pour des tailles de blocs de transformée plus grandes par rapport aux extensions simples [20]. Par exemple, le nombre de casiers codés en contexte a été réduit de  $8 \times 8$  et le mode de contournement CABAC a été amélioré en termes de conception pour augmenter le débit [12] [19] [21]. Une autre amélioration avec HEVC est que les dépendances entre les données codées ont été modifiées pour augmenter encore le débit [12] [19]. La modélisation de contexte dans HEVC a également été améliorée afin que CABAC puisse mieux sélectionner un contexte qui augmente l'efficacité par rapport à H.264 / MPEG-4 AVC [12].

### II.8. Autres outils :

En addition de la structure de codage et de ces outils concernant la prédiction, un effort particulier a été mené sur les filtres et le parallélisme du standard.

Concernant les filtres intégrés au codage, un filtre anti-bloc est toujours utilisé et permet de réduire les artéfacts liés au traitement par bloc bien que les tailles plus grandes utilisées dans HEVC réduisent partiellement ce défaut. Deux filtres additionnels sont aussi définis, Sample-Adaptive Offset Filter et Adaptive Loop Filter. Le premier est appliqué après le filtre anti-bloc et consiste à classifier les pixels de la LCU en fonction de leurs intensités puis à appliquer un offset pour chaque catégorie qui est dérivée par rapport à la LCU originale et transmis au décodeur. Le second filtre est quant à lui appliqué avant la copie de l'image dans le buffer et permet d'améliorer la qualité à la fois objective et subjective de l'image. L'image est partitionnée en zones de différents niveaux d'activité auxquelles est appliqué un filtre selon deux formes sélectionnées en fonction de leur efficacité [18].

Par rapport au parallélisme, deux outils sont notamment définis pour permettre un codage efficace pour des applications exploitant le parallélisme : le codage en Wavefront et les Tiles. Le premier outil se base sur une technique bien connue des concepteurs d'encodeurs consistant à traiter les CU en parallèle ligne par ligne avec un décalage du nombre de CU nécessaires pour conserver les dépendances. L'outil des Tiles voit quant à lui le problème différemment en divisant les images en plusieurs rectangles à encode en parallèle. L'intégration de tels outils dans la norme et donc leur exploitation lors du décodage est un réel avantage pour le développement de futurs encodeurs compétitifs.

### II .9. Conclusion :

Cette norme de compression HEVC a été développée pour doubler l'efficacité de compression de la norme précédente, H.264 / AVC, et aux débits de distribution vidéo grand public typiques, HEVC a largement réussi à le faire et est le codé pris en charge pour le nouveau Ultra HD Format de rayon. Cependant, les résultats d'efficacité de la compression varieront toujours en fonction du type de contenu et des paramètres du codeur.

---

---

*CHAPITRE III:*

**VVC/H.266**  
*(Versatile Vidéo Coding)*

---

---

### III.1. Introduction :

Ce nouveau codec a été inventé par le Fraunhofer Institute for Télécommunications, Heinrich Hertz Institute (HHI), également connu sous le nom de Fraunhofer HHI. Le nom complet du codec est H.266 / Codage vidéo polyvalent, comme le dit Fraunhofer HHI, il est conçu pour succéder aux normes de l'industrie H.264 / AVC et H.265 / HEVC formats qui dominent le marché de la transmission et de la compression vidéo numériques mondiales. Le VVC a été développé pendant environ trois ans jusqu'à ce qu'il soit normalisé. La mission H.266 est de réduire la taille des fichiers vidéo de 50%, permettant d'enregistrer des séquences haute résolution avec des fichiers de plus petite taille et d'être transmises en moins de temps grâce à son algorithme de compression avancé.

### III.2. Définition :

Le codage vidéo polyvalent [22] (H.266 / VVC) est le dernier codec hybride basé sur des blocs de la Joint Video Experts Team (JVET), un groupe composé de membres MPEG et ISO / ITU tels que Bitmovin et Fraunhofer HHI, et promet de s'améliorer considérablement les capacités de compression des flux de travail pour toute organisation de l'industrie du streaming, y compris, mais sans s'y limiter, OTT, VR, AR et de nombreux autres fournisseurs. En tant que membres de MPEG, l'équipe d'encodage Bitmovin était impatiente de tester les capacités du dernier codec et les améliorations potentielles qu'il offrait par rapport à son prédécesseur H.265 / HEVC. Le but ultime du projet était de déterminer les paramètres de performance du codec VVC et les améliorations subjectives de la qualité visuelle qui en découlent [23].

### III.3. La révolution du codec H.266/VCC est en marche :

Pour rappel, un codec est un dispositif qui permet d'encoder un flux de données numériques pour les stocker ou les transmettre. Après des tests avec l'AV1 (AOMedia Vidéo 1), c'est finalement le codec H.266/VCC qui devrait voir le jour. Une technologie indispensable à l'heure de la vidéo 4K et de la 8K. La performance annoncée par les ingénieurs de l'Institut Fraunhofer Heinrich Hertz laisse entrevoir de belles perspectives d'évolution pour les acteurs de la vidéo, on pense notamment à YouTube ou Netflix.

Une technologie capitale quand on sait qu'aujourd'hui, Netflix représente 20% du trafic Internet français. Par ailleurs, pendant le confinement, YouTube et Netflix ont diminué la qualité de diffusion de leurs vidéos, pour ne pas impacter les télétravailleurs. Le codec H.266/VCC permettra une capture et une transmission vidéo beaucoup plus efficace [24].

Dans l'ensemble, H.266 / VVC offre une transmission et un stockage efficaces de toutes les résolutions vidéo de la SD à la HD jusqu'à 4K et 8K, tout en prenant en charge la vidéo à plage dynamique élevée et la vidéo omnidirectionnelle à 360 °.

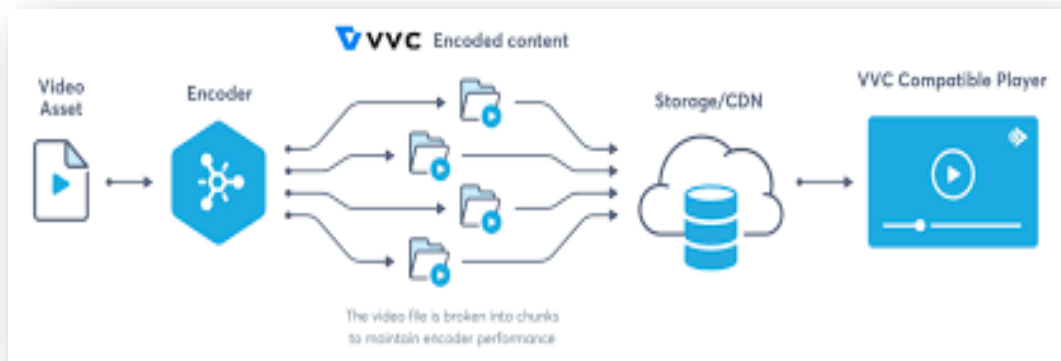


Figure III.1: Codec H.266/VVC.

**III.4. Structure de codage VVC :**

Comme la plupart des normes précédentes, VVC a une architecture de codage hybride basée sur des blocs qui combine la prédiction inter et intra-image et le codage par transformation avec le codage entropique. La figure montre le schéma fonctionnel général du codeur VTM.

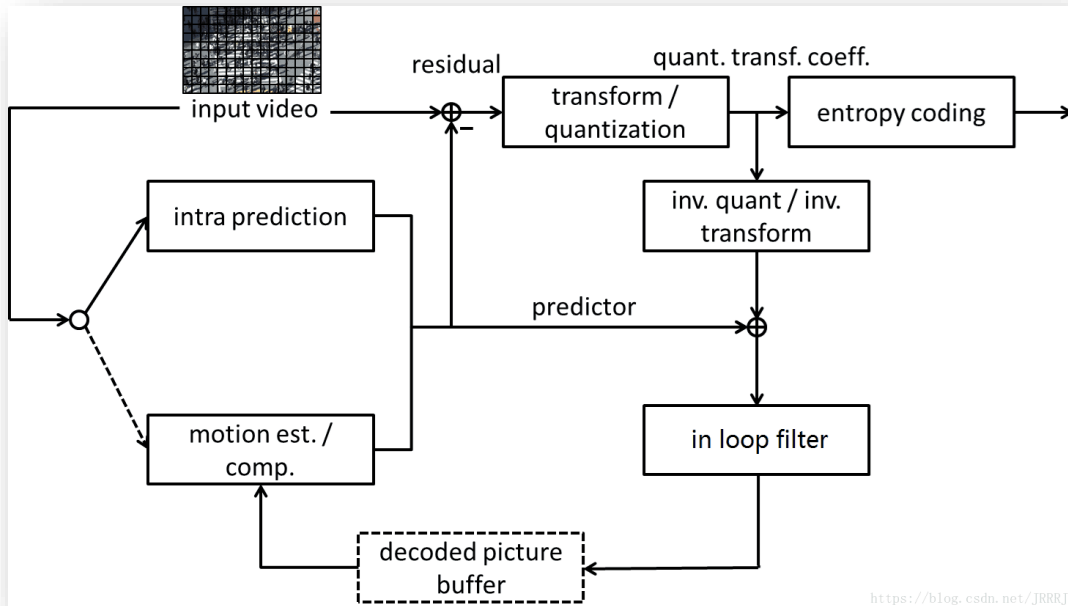


Figure III. 2 : Structure de codage VVC.

**III.5. Caractéristiques pour le H.266 :**

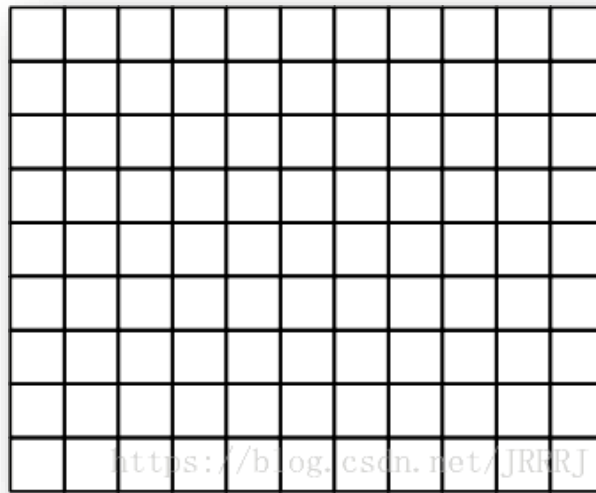
En plus d’une meilleure gestion des définitions d’images importantes, le format H.266 est adapté aux vidéos HDR mais aussi aux vidéos filmées à 360 degrés.

Le standard H.266 permet et également de supporter la définition 16K, des fréquences de rafraîchissement variables (technologie VRR) jusqu'à 120 Hz, des formats panoramiques ou encore les canaux auxiliaires pour transmettre des données.

Selon l'institut Fraunhofer Heinrich-Hertz, alors que le format H.265 requiert 10 Go de données pour une vidéo en 4K UHD de 90 minutes, il en faudra seulement 5 Go avec le nouveau standard H.266 [25].

### III.6. Division de bloc VVC :

L'image sera divisée en une série de CTU, les concepts ici CTU et HEVC sont cohérents, dans les dimensions CTU dans lesquelles les blocs de luminance de la taille maximale sont de 128\*128, la taille maximale du bloc de transformation de luminosité est 64\*64, un exemple de division CTU :



**Figure III. 3 :** Division de bloc VVC.

Dans VVC, un arbre binaire multi type imbriqué de l'arbre et une structure de partitionnement trijumeau quadtree divisent le concept d'un type d'unité substitué, ce qui élimine les concepts CU, PU et TU l'écart entre, en plus de la dimension de longueur maximale beaucoup de la forme de la partition CU.

Tout d'abord, CTU est divisé en une structure quadtree, puis le nœud feuille du quadtree doit être divisé en différents types de structures. Comme indiqué ci-dessous, il existe quatre types de partitionnement différents :



**Figure III.4:** Division quadrilatérale.

- Division binaire verticale (SPLIT\_BT\_VER).
- Division binaire horizontale (SPLIT\_BT\_HOR).
- Triple division verticale (SPLIT\_TT\_VER).
- Triple division horizontale (SPLIT\_TT\_HOR). [26]

### III.7. Génération intra prédiction :

#### III.7.A. Génération d'échantillons de référence :

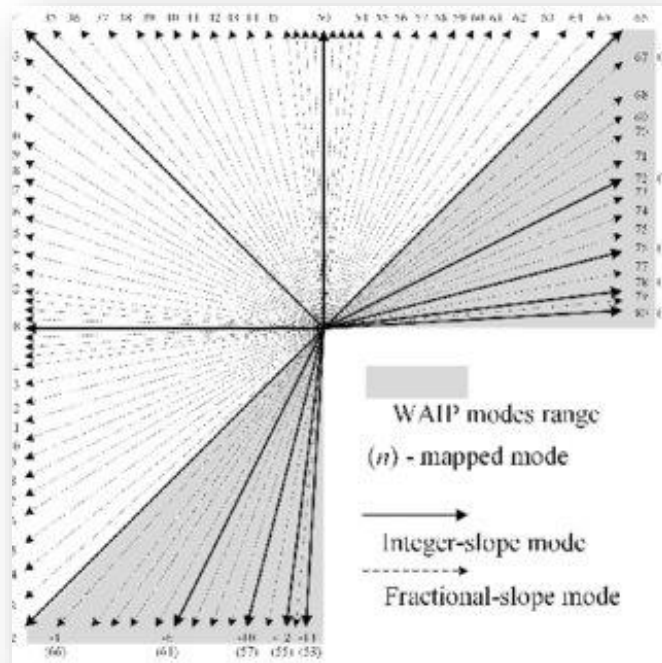
Dans VVC, les échantillons de prédiction intra sont générés en utilisant échantillons de référence qui sont obtenus à partir d'échantillons reconstruits de blocs voisins. Pour un bloc  $W \times H$ , la référence les échantillons sont constitués des  $2 \cdot H$  échantillons reconstruits à la gauche du bloc, l'échantillon reconstruit en haut à gauche et le  $2 \cdot W$  échantillons de référence au-dessus du bloc. Cependant, pour la LMR les échantillons de référence ne sont pas directement adjacents au bloc. En général, tous les échantillons de référence ne sont pas disponibles, c'est-à-dire situés à des emplacements d'échantillons déjà reconstruits, et les échantillons de référence indisponibles sont générés par un remplissage mécanisme. Ce mécanisme de rembourrage est très similaire au méthode utilisée dans HEVC. Premièrement, la détermination de la disponibilité pour les échantillons de référence est effectuée sur la base de  $4 \times 4$  unités des échantillons reconstruits voisins. Ici, l'ensemble des unités disponibles forment toujours un intervalle contigu d'un sous-ensemble des échantillons de référence. Les échantillons reconstruits les plus externes de cet intervalle sont ensuite utilisées comme valeurs pour les parties indisponibles des échantillons de référence.

#### III.7.B. Prédiction intra-angulaire :

La prédiction angulaire interne est une prédiction interne directionnelle méthode prise en charge dans AVC, HEVC, etc. Il fait également partie du programme VVC. Par rapport à HEVC, l'angle la prédiction interstitielle de VVC a été modifié en augmentant précision des prédictions et adaptation au nouveau cadre de partition. Le premier a été obtenu grâce à l'expansion nombre de tendances de prévisions angulaires et plus filtres d'interpolation précis, tandis que ce dernier a été réalisé par présentation des modèles de prédiction inter faciale grand angle.

1) 65 positions angulaires et projection interne grand angle :

Dans VVC, le nombre de modes d'orientation disponibles pour la masse donnée est augmenté à 65 directions à partir de 33 HEVC direction. Les motifs angulaires de VVC sont illustrés à la Fig. . Les tendances avec des indicateurs pairs entre 2 et 66 sont équivalentes aux directions de styles angulaires prises en charge dans HEVC. Pour les blocs de forme carrée, un nombre égal de coins les modes sont définis sur le côté supérieur et le côté gauche du bloc [27].



**Figure III.5:** Modes de prédiction angulaire intermédiaire en VVC.

### III.8. Implémentation du codec VVC :

La première étape pour activer l'encodage VVC consiste à ajouter VVC en tant que nouveau codec vidéo à notre API. Comme nous n'avons pas encore établi de « vrai » encodeur, il y a des réglages, des paramètres et des entrées limitées que nous pouvons utiliser. Pour le premier ensemble de tests, nous avons utilisé les éléments suivants : largeur, hauteur, débit binaire, pixel format, débit et facteur de débit constant (CRF), comme vu ci-dessous :

```

Input input = encodingTestSamples.createSampleGcsHttpInput();
Output output = encodingTestSamples.createSampleGcsOutput();

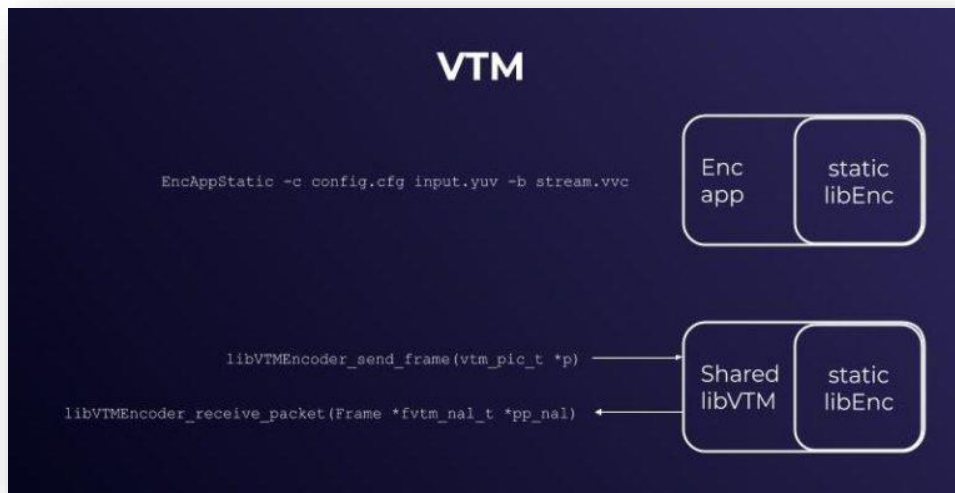
H266VideoConfiguration videoConfig = new H266VideoConfiguration();
videoConfig.setBitrate(3_000_000L);
videoConfig.setHeight(1080);
encodingConfig = encodingTestHelper.getBitmovinApi().configurations.video.h266.create(videoConfig);

```

**Figure III.6:** Implémentation du codec VVC.

Des valeurs d'entrée supplémentaires sont nécessaires pour un véritable encodage VVC mais ne s'appliquent pas à notre test. Ce sont color Config, sample Aspect Ratio Encoding Mode, preset et profile. Tout autre paramètre spécialisé dépend de l'implémentation de l'encodeur que nous utilisons en direct. Au moment de notre test, VVC et d'autres implémentations d'encodeur, comme x266 n'étaient pas encore disponibles et donc les paramètres sont inconnus. Maintenant que les paramètres du codec VVC ont été établis, nous devons les implémenter dans l'encodeur Bitmovin.

Test de VVC dans l'encodeur de Bitmovin : Grâce à notre interface flexible, l'ingénieur principal d'encodage, Christian Feldmann, avait déjà ajouté de bibliothèque à l'encodeur de référence open-source (VTM) et également ajouté un patch à notre encodeur interne, qui pousse les images vers l'encodeur VTM et récupère toutes les données, à partir de cela. Ensuite, nous avons implémenté une nouvelle dépendance d'encodeur Bitmovin qui contient VTM avec le support H.266[23].



**Figure III.7:** VTM le test de codeur H.266/VVC [28].

**III.9. Conclusion :**

VVC est une avancée majeure dans la capacité de compression vidéo et la polyvalence du domaine d'application encore afficher environ 50% de réduction du débit binaire égal qualité intrinsèque - un trait que vous avez en commun avec les prédécesseurs de HEVC et AVC en tant que nouvelle génération importante pour la technologie d'encodage vidéo.

---

---

*CHAPITRE IV:*

*Simulation et résultats*

---

---

## IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous comparons les performances de la norme émergente de codage vidéo polyvalent (VVC) avec le Platform VTM 9.0, l'encode, et la norme de codage vidéo à haute efficacité (HEVC) établie via son implémentation HM16.20. Nous avons utilisé des vidéos sélectionnées provenant de cinq ensembles de classe différents, à savoir 432p, 480p, 720p, 1080p qui offrent une diversité de contenu vidéo, de résolutions vidéo et de fréquences d'images. L'expérimental la configuration impliquait un codage de qualité fixe utilisant quatre valeurs de débit différents, et plus précisément, des valeurs de quantification QP (22, 27, 32,37). Les comparaisons et l'évaluation des performances des deux codecs sont testés en termes de débit binaire (Bit-rate) et PSNR pour une évaluation objective de la qualité vidéo.

## IV.2. Les plateformes utilisées :

### IV.2.1. Définition de Microsoft Visual Studio :

Microsoft Visual Studio est une suite de logiciels de développement pour Windows et mac OS conçue par Microsoft. La dernière version s'appelle Visual Studio 2019.

Visual Studio est un ensemble complet d'outils de développement permettant de générer des applications web ASP.NET, des services web XML, des applications bureautiques et des applications mobiles. Visual Basic, Visual C++, Visual C# utilisent tous le même environnement de développement intégré (IDE), qui leur permet de partager des outils et facilite la création de solutions faisant appel à plusieurs langages. Par ailleurs, ces langages permettent de mieux tirer parti des fonctionnalités du Framework .NET, qui fournit un accès à des technologies clés simplifiant le développement d'applications web ASP et de services web XML grâce à Visual Web Développeur.

Durant sa conférence Connecte () 2016, Microsoft a annoncé le portage de Visual Studio sur macOS, le système d'exploitation d'Apple. [29]

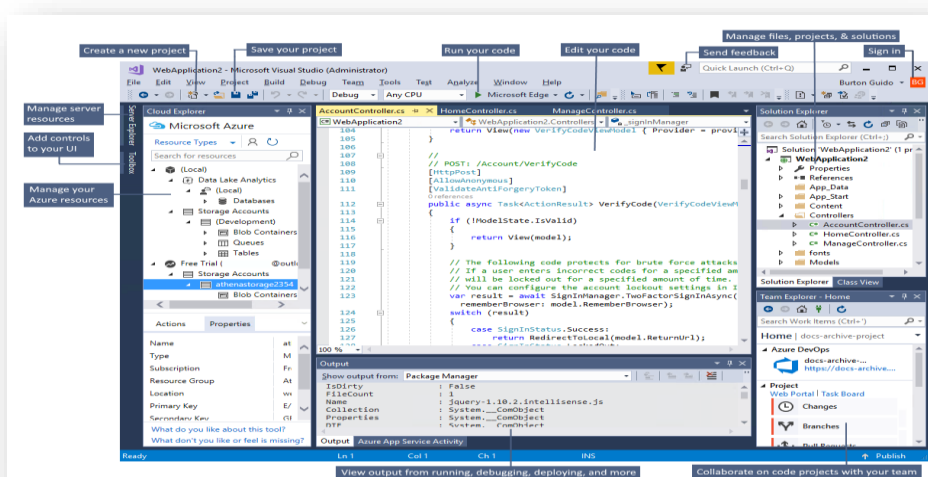


Figure IV.1: Interface de Visual studio 2019.

### IV.2.2. Logiciel de référence HM-16.20 pour HEVC :

Le codec HM est une implémentation de référence de la norme de codage HEVC développée par la Joint Collaborative Team on Vidéo Coding (JCT-VC). Il convient pour expérimenter les différentes fonctionnalités disponibles dans la norme de codage HEVC et/ou pour vérifier la conformité, mais il est peu probable qu'il convienne aux implémentations en temps réel. Ce progiciel est le logiciel de référence pour Rec. UIT-T H.265 | ISO / CEI 23008-2 Codage vidéo haute efficacité (HEVC). Le logiciel de référence comprend à la fois des fonctionnalités d'encodeur et de décodeur. Le logiciel de référence est utile pour aider les utilisateurs d'une norme de codage vidéo à établir et tester la conformité et l'interopérabilité, et à éduquer les utilisateurs et à démontrer les capacités de la norme. A ces fins, ce logiciel est fourni comme une aide à l'étude et à la mise en œuvre de la recommandation UIT-T H.265 | ISO / CEI 23008-2 Codage vidéo haute efficacité.

Le logiciel a été développé conjointement par le Groupe d'experts du codage vidéo de l'UIT-T (VCEG, Question 6 de la Commission d'études 16 de l'UIT-T) et le Groupe d'experts ISO / CEI en image animées (MPEG, Groupe de travail 11 du Sous-comité 29 de l'ISO / CEI Comité technique mixte 1). [30]

### IV.2.3. Logiciel de référence VTM 9.0 pour VVC :

Ce progiciel est le modèle de test de référence pour VVC. Le logiciel de référence comprend à la fois des fonctionnalités d'encodeur et de décodeur.

Le logiciel de référence est utile pour aider les utilisateurs d'une norme de codage vidéo à établir et tester la conformité et l'interopérabilité, et à éduquer les utilisateurs et à démontrer les capacités de la norme. À ces fins, ce logiciel est fourni comme une aide à l'étude et à la mise en œuvre du codage vidéo polyvalent.

Le logiciel a été développé conjointement par le Groupe d'experts du codage vidéo de l'UIT-T (VCEG, Question 6 de la Commission d'études 16 de l'UIT-T) et le Groupe d'experts ISO / CEI en image animées (MPEG, Groupe de travail 11 du Sous-comité 29 de l'ISO / CEI Comité technique mixte 1) [31].

### IV.2.4. Logiciel CMake :

CMake est un système de construction logicielle multiplateforme. Il permet de vérifier les pré requis nécessaires à la construction, de déterminer les dépendances entre les différents composants d'un projet, afin de planifier une construction ordonnée et adaptée à la plateforme. La construction du projet est ensuite déléguée à un logiciel spécialisé dans l'ordonnancement de tâches et spécifique à la plateforme, Make, Ninja ou Microsoft Visual Studio.

### IV.2.5. YUV Player :

L'application est livrée dans un package extrêmement léger qui prend peu de place et utilise une quantité à peine perceptible de ressources système. De plus, aucune installation n'est requise pour que vous puissiez profiter de ses fonctionnalités où que vous soyez. Les fichiers stockés sous le format YUV sont utilisés comme un meilleur moyen de stocker des informations de couleur, en d'autres termes, comme 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, vous pouvez accéder à chaque cadre, soit en faisant défiler manuellement chacun d'eux, soit en utilisant une fonction dédiée. Le menu contextuel intégré est le seul moyen d'exporter les images. Les possibilités vous permettent d'enregistrer la luminance, YUV444, YUV422, YUV420, ainsi que les formats RVB. [32].

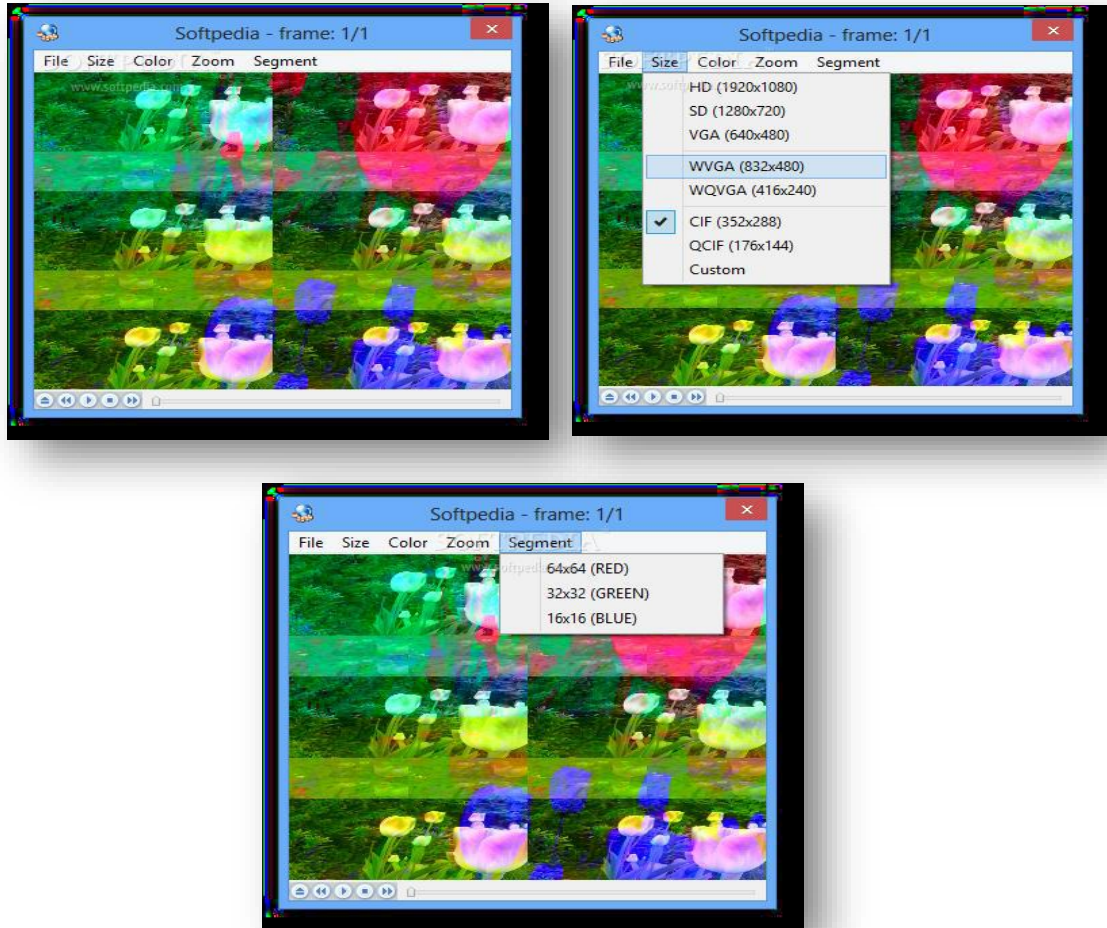


Figure IV.2: Plusieurs options de configuration d'image pour YUV Player.

#### IV.2.6. MSU Video Quality Measurement Tools:

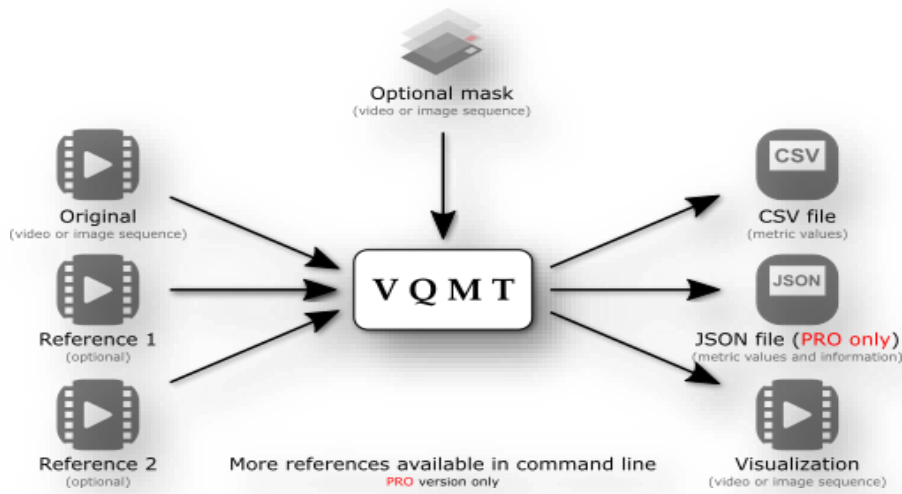
MSU Video Quality Measurement Tool (VQMT) est un programme d'évaluation objective de la qualité vidéo. Il fournit des fonctionnalités pour les comparaisons de référence complète (deux vidéos sont examinées) et de référence unique (une vidéo est analysée) [33]. Il permet d'utiliser différentes métriques de comparaison (communes - PSNR, Delta, VQM, SSIM ....etc).

La mise en œuvre du modèle de calcul a été réalisée dans le langage de programmation C. Dans notre travail, nous avons utilisé l'outil de mesure de la qualité vidéo VQMT. Ce logiciel fournit des implémentations rapides des métriques objectives suivantes :

- PSNR : Peak Signal-to-Noise Ratio,
- SSIM : Structural Similarity
- MS-SSIM : Multi-Scale Structural Similarity,
- VIFP : Visual Information Fidelity, pixel domain version,

- PSNR-HVS: Peak Signal-to-Noise Ratio taking into account Contrast Sensitivity Function (CSF),
- PSNR-HVS-M: Peak Signal-to-Noise Ratio taking into account Contrast Sensitivity Function (CSF) and between-coefficient contrast masking of DCT basis functions.

Le schéma de base de l'outil est illustré ci-dessous.



**Figure IV.3:** Video Quality Measurement tools VQMT.

### IV.3. Métriques de qualité vidéo :

De nombreuses méthodes acceptées sont utilisées pour évaluer et examiner la qualité vidéo. Il existe deux catégories de méthodes d'évaluation : subjectives et objectives.

#### IV.3.1. Les méthodes objectives :

Les modèles objectifs de qualité vidéo sont des modèles mathématiques qui se rapprochent des résultats d'une évaluation subjective de la qualité, dans lesquels il est demandé à des observateurs humains d'évaluer la qualité d'une vidéo. Dans ce contexte, le terme modèle peut désigner un modèle statistique simple dans lequel plusieurs variables indépendantes (par ex. le taux de perte de paquets sur un réseau et les paramètres de codage vidéo) sont comparées aux résultats obtenus dans un test d'évaluation subjective de la qualité utilisant des techniques de régression. Un modèle peut également être un algorithme plus compliqué implémenté dans un logiciel ou un matériel [34].

#### IV.3.2. Méthodes subjectives :

L'objectif principal de nombreuses mesures subjectives de la qualité vidéo est d'estimer automatiquement l'opinion moyenne de l'utilisateur (télé spectateur) sur la qualité d'une vidéo traitée par un système. Dans de tels tests, des séquences vidéo sont présentées à un groupe de télé spectateurs. L'opinion des télé spectateurs est enregistrée et moyenne dans le score d'opinion moyen pour évaluer la qualité de chaque séquence vidéo. Cependant, la procédure de test peut varier en fonction sur quel type de système est testé. [34]

#### IV.4. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) :

PSNR a également été utilisé comme référence rapide. La plupart des encodeurs ont intégré une fonctionnalité pour calculer les scores PSNR moyens pour chacun des trois composants du format YUV. PSNR-Y fait référence à la composante luma ou à l'intensité de la luminosité car un œil humain est plus susceptible de remarquer un changement de luminosité que les couleurs. PSNR-U et PSNR-V correspondent aux composants de chrominance. Pour mieux capturer la fidélité des informations du contenu vidéo et mieux correspondre à la qualité perçue, une moyenne pondérée des composants de luminance et de chrominance a été utilisée sur la base [35] :

PSNR est défini en utilisant la formule de l'erreur quadratique moyenne (MSE) comme suit :

$$MSE = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i,j) - k(i,j)]^2, \quad (1)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{MAX^2}{MSE} \right), \quad [dB] \quad (2)$$

Où MAX est la valeur maximale du pixel, ce qui peut prendre par exemple 255 pour l'image 8 bits. Ce critère fournit l'erreur entre la vidéo originale et la vidéo reconstruite ; un PSNR plus élevé indique généralement une meilleure qualité [35].

#### IV.5. Débit binaire (Bit-rate) :

Le débit binaire est la quantité de données encodées pour une unité de temps. Pour streaming, il est généralement exprimé en mégabits par seconde (Mbps) pour la vidéo et en kilobits par seconde (kbps) pour l'audio. Du point de vue du streaming, un bit-rate vidéo plus élevé signifie une vidéo de meilleure qualité qui nécessite plus de bande passante [36].

#### IV.6. Séquences de test et contrôle de l'encodeur :

Le Tableau IV.1 détaille les séquences vidéo utilisées dans les simulations, les résolutions spatiales et temporelles sont déterminées par la taille (size) et FPS (Frames per Second), respectivement. La classe est déterminée par la résolution spatiale et FPS :

**Tableau IV.1 :** Les séquences vidéo utilisées dans les simulations.

Séquence	Classe	Taille	FPS	Frames
Traffic	A	2560 × 1600	30	150
Basketball Drive	B	1920 × 1080	50	500
Johnny	C	1280 × 720	60	600
Basketball Drill	D	832 × 480	50	500
Basketball Pass	E	416 × 240	30	500



Traffic



Basketball Drive



Johnny



Basketball Drill



Basketball Pass

Figure IV.4 : Echantillons de vidéos de test.

Tableau VI.2 : La description du contenu vidéo.

Vidéo	Description du contenu vidéo
Traffic	Mouvement lent des véhicules
Basketball Drive	Mouvement élevé, caméra suivant le joueur
Johnny	Un seule personne avec un arrière-plan statique
Basketball Drill	Mouvement élevé
Basketball Pass	Mouvement élevé

## IV.7. Les type de configurations :

### IV.7.1. Le mode Low Delay P/B :

Seul le premier frame est codé en Intra (I) et représente l’image clé ou de référence. Le reste des frames sont tous codés P ou B. Donc, lorsque la perte est située dans un frame I, tous les frames suivants seront affectés.

### IV.7.2. Le tmode Random Access :

Composé d’une image référence I dans chaque groupe d’images (GOP) et d’une séquence des frames P/B (intra period). Donc si la perte se produit dans un frame P/B, elle affectera moins la qualité que si elle se situe dans un frame I.

### IV.7.3. Le mode All Intra :

Tous les frames sont des I et la perte affecte un frame sans conséquences pour le reste des frames. La dégradation de la qualité dépendra du nombre de frames touchés.

**IV.8. Simulation et Résultats :**

La compression et la décompression par les logiciels de référence HM-16.20 pour le HEVC et VTM 9.0 pour le VVC. Chaque trame des séquences vidéo de test est codée en mode à faible retard (low-delay) avec des tranches B (LB), car il convient aux streaming vidéo. Le fichier de configuration : `encoder_lowdelay_main.cfg` est utilisé pour les deux codecs HM16.20 et VTM 9.0,

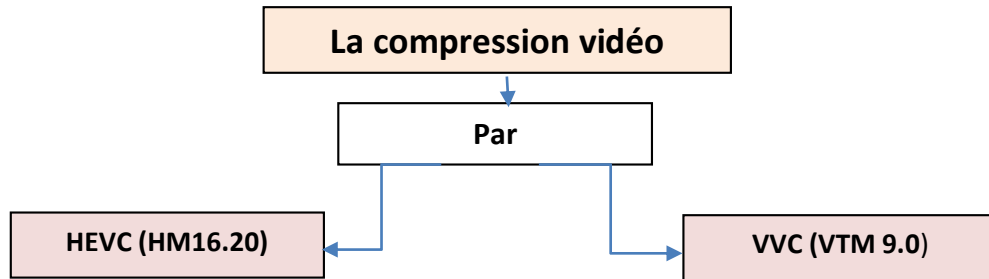


Figure IV.5 : Les deux encodeurs utilisés pour la compression vidéo.

**IV.8.1. Paramètres de configuration :**

Les codeurs HEVC et VVC nécessitent trois données :

- ❖ Un fichier vidéo YUV ou Y4M non compressé (brut).
- ❖ Un fichier de configuration du codec.
- ❖ Un fichier de configuration spécifique à la séquence. [37]

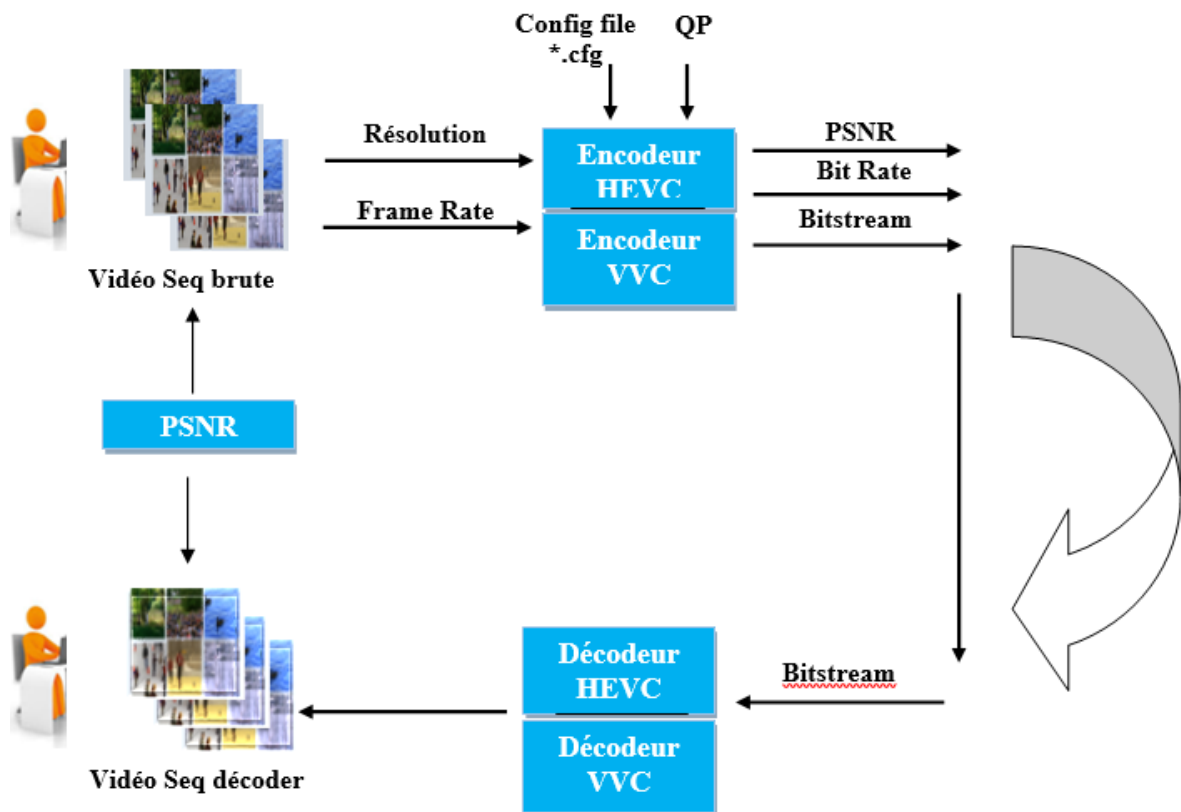


Figure IV .6 : Schéma d'adaptation pour l'évaluation objective des séquences vidéo.

Les paramètres de configuration sont indiqués dans le Tableau IV.3.

**Tableau IV.3** : Les paramètres de fichier de configuration.

Item	Valeur
MaxCUWidth	64
Height	64
MaxPartitionDepth	4
QuadtreeTULog2MaxSize	5
QuadtreeTULog2MinSize	2
QuadtreeTUMaxDepthInter	3
QuadtreeTUMaxDepthIntra	3
IntraPeriod	1
GOPSize	8
RDOQ	1
LoopFilterDisable	1(enabled)
InternalBitDepth	8
SAO	1
QP	22, 27, 32, 37

#### IV.8.2. Valeurs du paramètre de quantification QP :

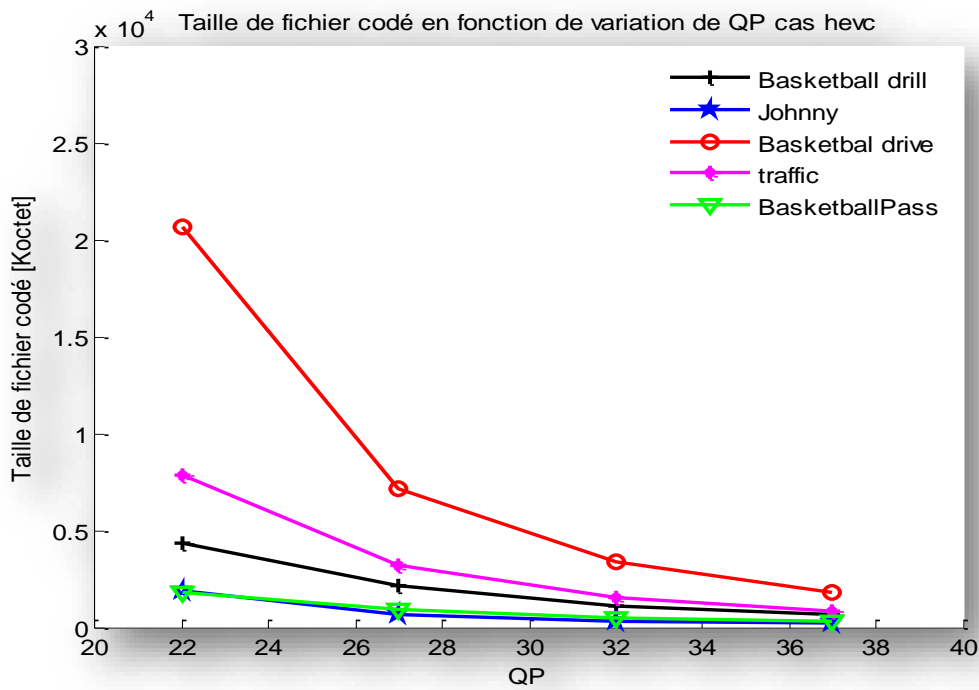
Pour chaque séquence vidéo, quatre valeurs de paramètres de quantification doivent être utilisées : 22, 27, 32 et 37. Ces valeurs définissent les valeurs QP qui sont spécifiées pour les images I dans une séquence. L'adaptation de QP au raffinement lambda et pour d'autres trames dans le GOP dans les fichiers de configuration peut changer la valeur QP utilisée par trame.

Les valeurs de QP varient entre 0 et 51. Le choix de la valeur du QP prend en considération la perception humaine, ainsi que l'efficacité de la compression, en sorte que cette valeur ne soit pas si petite au point d'en tirer aucun bénéfice ou très grande au point où la dégradation de la qualité devient gênante.

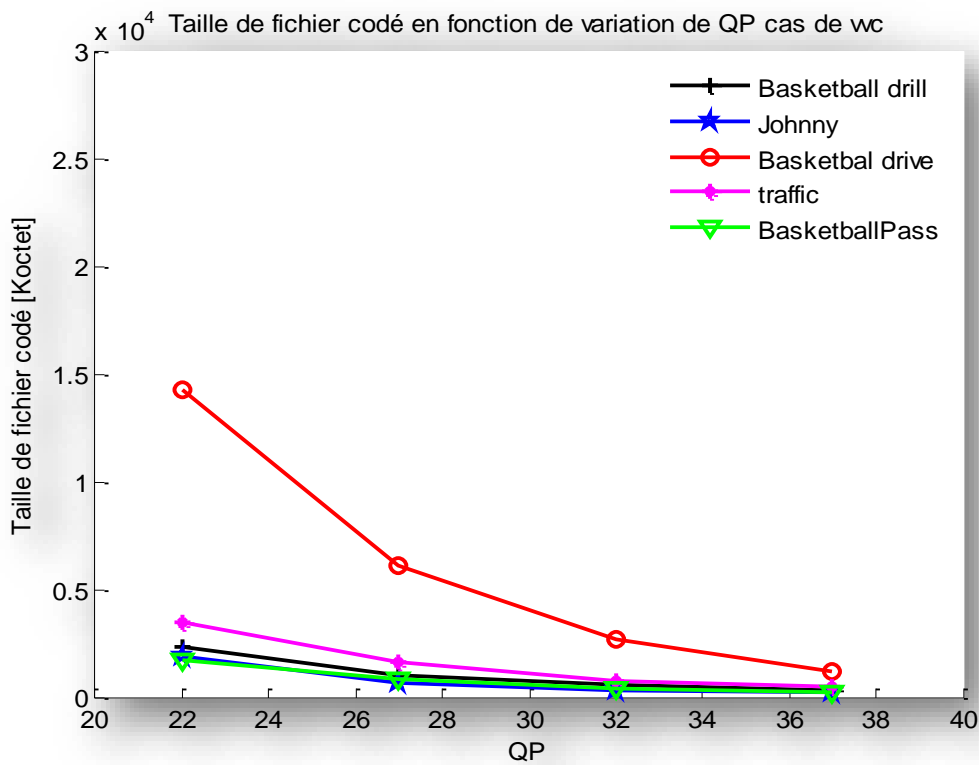
#### IV.9. Performances du HEVC et du VVC :

Les courbes suivantes résument les résultats en termes de taille de fichiers, qualité d'images, exprimée par le PSNR (en dB) et Bit-rate (en Kbps) avec les différentes séquences vidéo, pour les codecs HEVC et VVC.

Les figures IV.7 - IV.8 montre les graphiques de la taille de fichier selon la valeur de QP avec le codeur HEVC et le codeur VVC respectivement des différentes séquences vidéo.



**Figure IV.7:** Courbes récapitulatives pour toutes les séquences vidéo compressées avec HEVC.  
Taille de fichier codé =  $f(QP)$



**Figure IV.8:** Courbes récapitulatives pour toutes les séquences vidéo compressées avec VVC.  
Taille de fichier codé =  $f(QP)$

### Pour la taille de fichier :

Les courbes montrent que la taille des fichiers codés décroissent en fonction du QP. Tous les résultats ont démontré que le codage des différentes vidéos avec les mêmes paramètres de codec tels que QP, conduit à des valeurs de taille de fichier différentes, comme le montre les figures IV.7 et IV.8. Si la valeur de QP= {32,37} (low compression), Les meilleures performances ont été obtenues avec la vidéo de classe C (Johnny).

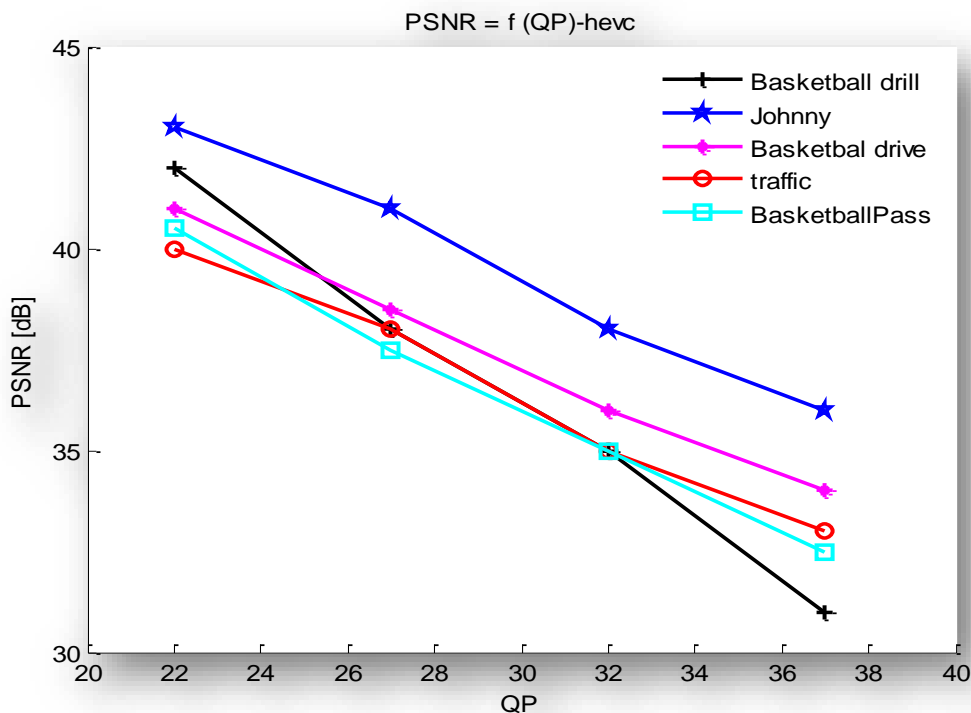
De plus, à mesure que le QP augmente, la taille de fichier diminue, on note bien que la taille de fichier dans le cas de codeur VVC est inférieure à celle de codeur HEVC qui ont démontré les performances de la norme VVC.

### Pour le PSNR :

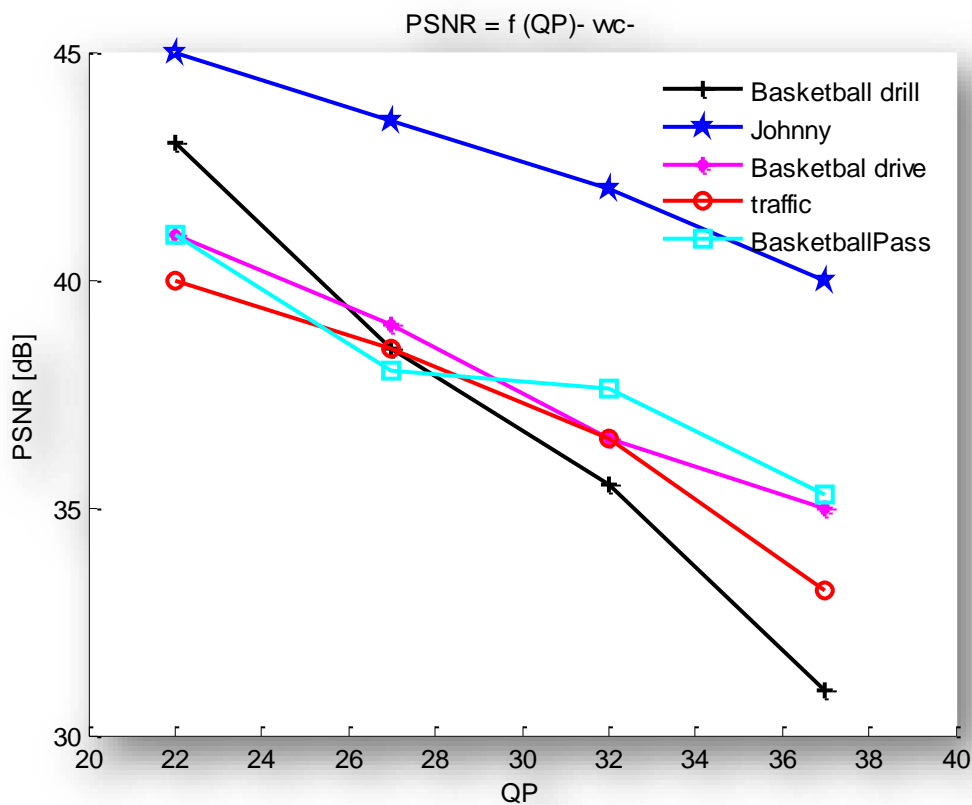
On note que la relation entre le QP et le PSNR est une relation significative quel que soit en utilisant le codeur HM16.20 ou le codeur VTM 9.0 pour la compression de la vidéo comme il est décrit dans les Figures IV.9 et IV.10.

- Par exemple on a QP= 27, PSNR(HM16.20) = 38.5114 dB, PSNR (VTM 9.0) = 39.46 dB pour la séquence vidéo basketball drive),
- Par exemple on a QP= 27, PSNR(HM16.20) = 42.105 dB, PSNR (VTM 9.0) = 43.50 dB pour la séquence vidéo Johnny),

Le PSNR permet de quantifier la performance des codeurs en mesurant la qualité de reconstruction de vidéo compressée par rapport au vidéo originale. Le VVC donne des meilleurs résultats que le HEVC



**Figure IV.9:** Courbes récapitulatives pour toutes les séquences vidéo compressées avec HEVC.  
PSNR = f(QP)

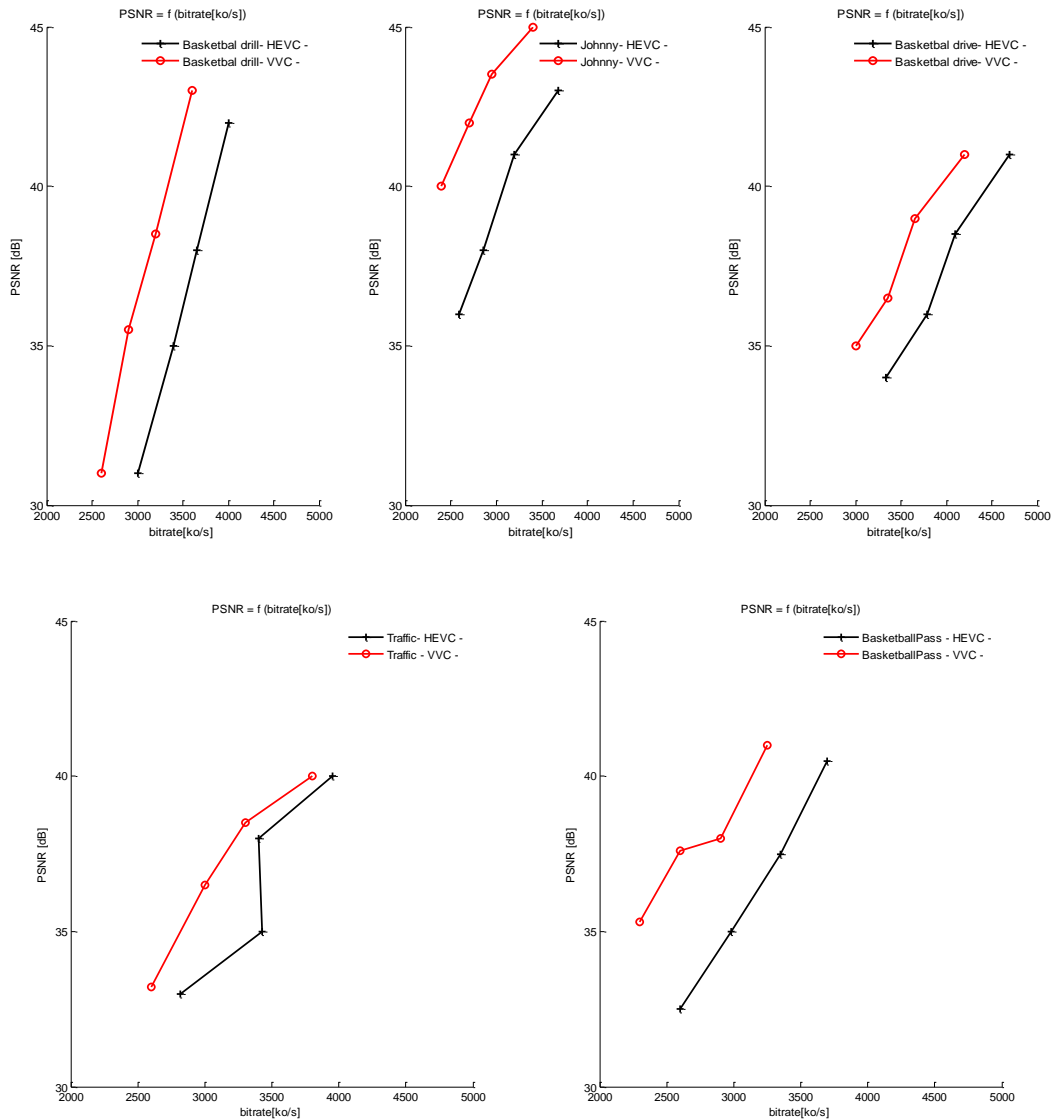


**Figure IV.10:** Courbes récapitulatives pour toutes les séquences vidéo compressées avec VVC.  
PSNR = f(QP)

Pendant le processus de codage vidéo, la quantification des coefficients de transformation est le principal mécanisme d'introduction de la distorsion dans la vidéo. La grossièreté de la quantification est déterminée par le QP. Par conséquent, le QP est directement lié à la distorsion de codage. Nous pouvons voir que les vidéos peu exigeantes ont tendance à avoir un PSNR élevé pour un QP donné, par rapport aux vidéos très exigeantes qui ont un faible PSNR pour un QP donné. L'amélioration de la qualité d'image la plus intéressante a été atteinte avec la classe C.

#### Pour le bit-rate :

Les résultats de comparaison montrent que le flux vidéo ou le débit binaire sert à quantifier la quantité de données transmises par seconde. Plus le débit est élevé, meilleure est la qualité de la vidéo comme décrit dans la Figure IV.11 où on note que avec le codeur VVC (VTM 9.0) le débit est faible par rapport au codeur HEVC (HM 16.11), veut dire que la qualité de vidéo est élevée avec le codeur VVC au contraire au codeur HEVC avec faible quantité de donnée (débit binaire).



**Figure IV.11:** Les courbes des séquences vidéo compressées avec le HEVC et le VVC.  
 $PSNR = f(\text{bit-rate})$

**Discussion:**

Les courbes montrent clairement que les performances du VVC sont nettement meilleures que celles du HEVC. L'écart semble d'autant plus important que la résolution augmente. Si on prend la vidéo de classe C (Johnny), par exemple, on voit que pour un même bit-rate, la qualité du VVC (PSNR=45 dB) est supérieure à celle du HEVC (PSNR= 42 dB).

Ou bien, pour une même qualité (40 dB) par exemple, il faut un débit de 2500 Kbps avec le VVC alors qu'il faut environ au supérieur a 3000 Kbps avec le HEVC. Les vidéos avec une résolution plus élevée résultent en des bit-rates plus importants pour une meilleure qualité.

Lorsque le PLR augmente, le PSNR diminue fortement, mais il reste acceptable jusqu'à ce que les valeurs de la perte soient supérieures à 3%, après ça la qualité vidéo sera dégradée. Par conséquent, si des vidéos comportant plusieurs pourcentages de pertes ont été fournies en tant que service, les utilisateurs pourraient envisager de ne plus les regarder. Les vidéos sont plus sensibles à la perte de données.

A partir des résultats ci-dessus, on peut observer que pour les faibles valeurs de QP le métrique PSNR à des valeurs élevées et ont également de qualité presque similaire telle que la vidéo de référence. Cependant, pour les valeurs élevées de QP, le scores PSNR sont faibles de même. Les résultats montrent que les valeurs de PSNR pour VVC sont supérieures a celles des valeurs de PSNR pour HEVC. c.-à-d. la qualité de la vidéo avec VVC est meilleur avec bit-rate inférieure au bit-rate pour HEVC.

Le mouvement des vidéos sont caractérisées. En conséquence, nous pouvons conclure que la perception de la qualité n'est pas directement / linéairement liée au mouvement vidéo. En outre, des vidéos avec les différents coefficients de mouvement ont des métriques significatives différentes. Par conséquent, l'impact du mouvement vidéo sur la qualité perçue pour différentes valeurs de transmission les déficiences est présentées.

Notre travail a consisté donc en une évaluation et une comparaison des performances de ces deux Codecs. Les résultats ont montré que le VVC dépasse le HEVC en termes de bit-rate pour une même qualité d'image, voire même légèrement meilleure. Si on tient compte des résultats des simulations menées sur cinq séquences vidéo de différentes résolutions ou classes, selon la configurations low-delay et différents taux de compression (QP), on trouve que les meilleures performances ont été obtenues avec la vidéo de classe C avec la configuration low-delay. Par contre, l'amélioration de la qualité d'image est plus intéressante par apport la HEVC/H265.

#### **IV.10. Conclusion :**

Dans ce chapitre, la comparaison des performances des deux codecs utilisés, on a remarqué que le VVC donne de meilleurs résultats que le HEVC (un gain de qualité présenté par le PSNR pour une réduction du bit-rate). En termes de gain de qualité, la vidéo Traffic (Classe A) est celle qui donne les meilleurs résultats, quant à la réduction de débit, la vidéo Basketball drill (Classe C) est la plus avantageuse.

Cependant, nous pouvons remarquée que le temps d'encodage VVC est plus important que HEVC dû à la complexité élevée des algorithmes de compression adoptés par le VVC par rapport au HEVC.

---

---

# *Conclusion Générale*

---

---

## CONCLUSION GENERALE

L'objectif de la compression des médias est de réduire la taille du fichier et de l'économiser l'espace disque, comme la compression des fichiers, Cependant, les algorithmes de compression des médias sont spécifiques à certains types de médias, tels que les fichiers image, audio et vidéo que nous avons vue dans le projet de fin d'étude.

Les différents types de compression de données tels que la compression d'image et ses techniques, ce qu'il présente dans la compression sans perte Comme PNG, GIF et Tiff et avec perte comme jpeg et jpeg2000 et la compression de son comme les formats mp3 et WMA OGG ACC comme compression avec perte.

Enfin nous avons vu la compression des vidéos avec ces techniques étendues que cela présentent dans les deux grandes méthodes de compression MPEG-x (MPEG -1, MPEG-2, MPEG-4, MPEG-7, MPEG-21) et H.2xx (H261,H262,H263,H264,H265, H266) ses deux méthodes utiliser plusieurs techniques pour nous donne la meilleur compression sans perte la qualité de donnée avec rapidité de transmission et de téléchargement.

Les vidéos sont le moyen le meilleur et le plus simple d'échanger des informations, ce qui en fait un fichier terre, sachant que les vidéos sont difficiles à contrôler lors de la transmission, concernant leur taille de données, nous avons utilisé le codecs HEVC et VVC pour réduire la taille des données, nous avons donc utilisé le codage VVC pour obtenir 50% de haute qualité nous avons décompressé les données et nous avons obtenu une vidéo de bonne qualité très similaire à la vidéo originale.

Le but de ce mémoire avait pour l'étude de la compression des vidéos ou des médias est de réduire la taille du fichier et de l'économiser l'espace disque avant la transmission ou bien avant le stockage pour réduire le temps, c'est le problème que nous cherchons à résoudre ou à faire un effort pour le réduire, avec deux codecs HEVC et VVC.

Il a fallu dans un premier temps définir la notion de vidéo, la compression, les plateformes de compressions et le choix de différentes vidéos.

Au moyen de l'analyse des résultats de recherche après la compression des vidéos, il apparaît que y a plusieurs différences entre les vidéos dans le temps de compression et la qualité de vidéo (quand la qualité est grand alors le temps de compression est trop long capable un jour ou 3 jours ; 4 jours), Cette différence est due aux nombre de frames, le temps de chaque vidéo, et les mouvements dans les vidéos, et la plateforme qui utilisé.

### **Perspectives :**

Pour les travaux futurs, il serait intéressant à la robustesse de la transmission vidéo HEVC et VVC en temps réel dans les réseaux Mobiles. En effet, ces canaux sont les plus hostiles et caractérisés par une topologie variable, etc.

---

---

# ***Bibliographie***

---

---

# Bibliographie

- [1] S. Sarik. S. Srilali, "Improver Run-length Encoding Schema Efficient compression Data Rate". Nov-Dec 2013.
- [2] [http://www.gitta.info/DataCompress/en/html/CompIntro\\_learningObject2.html](http://www.gitta.info/DataCompress/en/html/CompIntro_learningObject2.html). (Consulter le 23/06/2021).
- [3] <https://nathalierun.net/lycee/ISN/2012-2013/Exposes/CompressionDeDonneesExpose-Oummeymane/CompressionDeDonneesExpose.html>. (Consulter le 23/06/2021)
- [4] YJ Zhang, image engineering vol 1 and image processing, 3rd edition, January 1, 2000, consultet on May 28, 2020.
- [5] <http://www.Gralon.Net/articles/photo-et-vidéo/article-les-pixels...-definition-et-caracteristique-2014.HTM>. (Consulter le 14/06/2021)
- [6] <https://www.hisour.com/fr/binary-image-27221/>. (Consulter le 23/06/2021)
- [7] <http://photonumerique.codedrops.net/Compression-le-JPEG>. (Consulter le 03/05/2021)
- [8] <https://www.techno-science.net/definition/7376.html>. (Consulter le 02/04/2021)
- [9] Jerry D. Gibson, Toby Berger, Tom Lookabaugh, Dave Lindbergh and Richard L. Baker. "Digital Compression for Multimedia: Principles and Standards", Morgan Kaufmann; 1 edition January 15, 1998.
- [10] Cours du module Télévision numérique, le professeur Boumehrez Farouk, Master 2 Système de Télécommunication, Université Abbes Laghrour Khenchela, Année 2020/2021.
- [11] Stefano Battista, Massimo Comti, SIMONE Orcioni "Methodology for Modeling and Comparing Video Codecs: HEVC, EVC, and VVC" Department of Information Engineering, Università Politecnica delle Marche, 60131 Ancona, Italy; (27 September 2020) page1.
- [12] G. J. Sullivan, J.-R. Ohm, W.-J. Han, and T. Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard", IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, 22(12), 1649-1668, (Dec. 2012).
- [13] <https://www.vcodex.com/hevc-an-introduction-to-high-efficiency-coding>. (Consulter le 06/06/2021)
- [14] K. R. Rao, Do Nyeon Kim, Jae Jeong Hwang. "Video Coding Standards, AVS China, H.264/MPEG-4 PART 10, HEVC, VP6, DIRAC and VC-1". Springer, Signals and Communication Technology.
- [15] <https://forum.doom9.org/showthread.php?t:167081>. (Consulter le 23/06/2021)
- [16] Vivienne Sze, Madhukar Budagavi, Gary J. Sullivan. "High Efficiency Video Coding (HEVC): Algorithms and Architectures". Springer, Integrated Circuits and Systems.
- [17] Mathias Wien, "High Efficiency Video Coding, Coding Tools and Specification". Springer, Signals and Communication Technology.

- [18] Jani Lainema, Frank Bossen, Woo-Jin Han, Junghye Min, and Kemal Ugur, "Intra Coding of the HEVC Standard". IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL. 22, NO. 12, DECEMBER 2012.
- [19] V. Sze; M. Budagavi (2013-01-13). "High Throughput CABAC Entropy Coding in HEVC" (PDF). IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. doi:10.1109/TCSVT.2012.2221526. Retrieved 2013-01-13.
- [20] Tung, Nguyen; Philipp, Helle; Martin, Winken; Benjamin, Bross; Detlev, Marpe; Heiko, Schwarz; Thomas, Wiegand (Dec 2013). "Transform Coding Techniques in HEVC". Journal of Selected Topics in Signal Processing. 7(6): 978–989. Bibcode:2013ISTSP...7..978N.doi:10.1109/JSTSP.2013.2278071. S2CID 12877203
- [21] *Tung, Nguyen; Detlev, Marpe; Heiko, Schwarz; Thomas, Wiegand.* "Reduced-Complexity Entropy Coding of Transform Coefficient Levels Using Truncated Golomb-Rice Codes in Video Compression" (PDF).
- [22]<https://ymcinema.com/2020/07/10/h-266-vcv-new-codec-announced-laying-the-groundwork-for-8k-streaming/> ( Consulter le 15/05/2021)
- [23] <https://bitmovin.com/vvc-quality-comparison-hevc/> .( Consulter le 15/05/2021)
- [24]<https://siecledigital.fr/2020/07/08/lavenir-de-la-video-secrira-avec-le-nouveau-codec-h-266-vcv/> .( Consulter le 04/04/2021)
- [25][https://www.frandroid.com/android/applications/732339\\_format-video-h-266-vcv](https://www.frandroid.com/android/applications/732339_format-video-h-266-vcv) ( Consulter le 13/05/2021)
- [26]<https://www.programmingsought.com/article/25173662549/>.( Consulter le 30/06/2021)
- [27][https://www.researchgate.net/publication/350831960\\_Intra\\_Prediction\\_and\\_Mode\\_Coding\\_in\\_VVC/link/6074ef38299bf1f56d51c4ab/download](https://www.researchgate.net/publication/350831960_Intra_Prediction_and_Mode_Coding_in_VVC/link/6074ef38299bf1f56d51c4ab/download) .( Consulter le 05/06/2021)
- [28] <https://ieeexplore.ieee.org/document/9328514?denied=> ( Consulter le 23/06/2021)
- [29] [:https://fr.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Visual\\_Studio](https://fr.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio)
- [30] <https://vcgit.hhi.fraunhofer.de/jct-vc/HM>
- [31] <https://jvet.hhi.fraunhofer.de/>
- [32]:<https://www.softpedia.com/get/Multimedia/Video/Video-Players/YUV-Player.shtml>, consulted on august 19, 2020
- [33]:[Resehttp://www.compression.ru/video/quality\\_measure/video\\_measurement\\_tool.html](http://www.compression.ru/video/quality_measure/video_measurement_tool.html)lah Centre, Ottawa, Canada
- [34]:[https://www.google.com/url?q=https://en.wikipedia.org/wiki/Video\\_quality&sa=U&ved=2ahUKEwizxMjLz7PxAhXE4uAKHT61AGAQFjAMegQIAxAB&usg=AOvVaw0gazNce9jzIoJ00v0x1w9o](https://www.google.com/url?q=https://en.wikipedia.org/wiki/Video_quality&sa=U&ved=2ahUKEwizxMjLz7PxAhXE4uAKHT61AGAQFjAMegQIAxAB&usg=AOvVaw0gazNce9jzIoJ00v0x1w9o)

[35]:Gangadharan Esakki, Andreas Panayides, Sravani Teeparthi, Marios Pattichis, "A comparative performance evaluation of VP9, x265, SVT-AV1, VVC codecs leveraging the VMAF perceptual quality metric," Proc. SPIE 11510, Applications of Digital Image Processing XLIII, 1151010 (21 August 2020); doi: 10.1117/12.2567392

[36]<https://teradek.com/blogs/articles/what-is-the-optimal-bitrate-for-your-resolution>  
( Consulter le 12/06/2021)

[37] Jill Boyce, Karsten Suehring, Xiang Li “JVET common test conditions and software reference configurations”, Joint Video Experts Team (JVET)of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1110th Meeting: San Diego, US, 10–20 Apr. 2018.