



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



N° Série : .....

## Mémoire de fin d'étude

*Pour l'obtention du diplôme de Master*

**Filière : Télécommunications**

**Spécialité : Systèmes des Télécommunications**

### THEME

**Etude des performances de la compression  
vidéo avec H.265 / HEVC  
(High Efficiency Video Coding) codec**

**Réalisé par : - ZINA SAHRAOUI**

**- HOUSSAM BOUSSALEM**

***Soutenu le 30 / 06 / 2019* Devant le jury composé de:**

**Mr. Abdelaziz Bediaf**

**Président**

**Université Abbes Laghrour-Khenchela**

**Mr. Farouk Boumehrez**

**Encadreur**

**Université Abbes Laghrour-Khenchela**

**Mme. Salima Aourar**

**Examinatrice**

**Université Abbes Laghrour-Khenchela**

*Promotion 2018/2019*

## **Dédicace**

*Au nom du dieu le clément et le miséricordieux louange à ALLAH le tout*

*Puissant*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect, reconnaissance et de remerciement :*

*Aux personnes les plus chères du monde*

*Ma mère et Mon père Qui m'ont aidé près et loin*

*Dieu les sauve*

*Je dédie à Mon Encadreur **Mr. Boumehrez** à tout ce que fait pour nous*

*A mes chères sœurs*

*Hania , Zabda, Rahoua*

*Khadidja, Basma, Siham*

*Fatima*

*A mes chers frères*

*Abedsalam, Lazhar, Omar*

*Nour Eddine*

*A mes chères filles, Loubna, Nadhira, Meriem, Amel, Hiba , Hadia*

*A ma copine ma précieuse Rofayda allah yarhmaha, j'ai toujours souhaité être présente le jour de l'obtention de mon diplôme, mais juger d'Allah avant tout*

*A toutes mes chères amies*

*Anouaar, Siham , Oulfa,*

*Samira et Walid.*

*Et mon binôme **Houssam***

*A tout Mon promo*

*Master 2 télécom*

**Sahraoui Zina**

## ***Dédicace***

*Nous tenons à remercier le Dieu tout puissant et tous avoir donné la santé et la*

*Volonté*

*Je dédie ce mémoire.*

*A mes chers parents,*

*À l'esprit de mon pur père, allahyarhmahou*

*À ma mère pour tous ses sacrifices, son amour, sa tendresse, son soutien et ses prières tout au long de mes études,*

*À Mon Encadreur **Mr. Boumehrez** à tout ce que fait pour nous*

*À mes chères sœurs :**SAMIA , NADJET, Wafa** pour leurs encouragements*

*permanents, et leur soutien moral,*

*À mes chers frères, **BAGHDAD, YAZID** pour leur appui et leur encouragement,*

*À mon neveu **ISSLAM ,AMINE**, À mon Nièce : **AYA***

*À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,*

*Dédicace pour mes amis, à mon binôme **ZINA** et tous mes collègues de classe*

*Master 2 télécom*

***Boussalem Houssam***

## **Remerciement**

*Nous remercions Dieu le Tout-Puissant qui nous a donné le courage pour élaborer ce modeste travail. Nous remercions tout d'abord notre encadreur*

***Mr Boumehrez Farouk** de nous avoir apporté ses valeureux conseils et soutiens durant la réalisation de ce mémoire. Nous remercions les membres de jury pour nous avoir fait l'honneur en acceptant d'examiner et de juger ce travail. Finalement, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail ne serait-ce qu'en nous prodiguant un conseil ou autre.*

## ملخص:

تكنولوجيا المعلوماتية هي من أكبر المجالات تطورا نظرا للإقبال الكبير عليها من طرف المستخدمين خصوصا وقد أصبحت جزءا من حياتنا اليومية ، ومع هذا التطور الهام الذي أصبح لابد من تقليص أو ضغط حجم الوسائط (الصوت والصورة والفيديو) وتعرف بـ (MultiMedia).

إن تدفق الفيديو في عصرنا الحالي هو تطبيق يتطور باستمرار ولا يخف على أحد أنه لديه متطلبات صعبة حيث يجب معالجة كميات كبيرة من البيانات بالاعتماد على اختيار معيار ضغط الفيديو المناسب لذلك، في البداية يقدم هذا العمل تحليلا للمعيار الجديد لتشفير الفيديو HEVC / H.265 من خلال تجربة بعض المتغيرات بالأخص نوعية محتوى الفيديو و معاملة التكميم (QP) وثابت الضغط (CRF) وقد أجريت التجارب باستخدام القاعدة HM16.11 و القاعدة FFmpeg.

الكلمات المفتاحية: ضغط الفيديو، H.265/HEVC ، FFMPEG ، HM16.11 ، x265 .

## Abstract:

Information technology is one of the most important areas of development because of the high demand of users, which are now part of our daily lives and have become essential to reduce or reduce the volume of media (audio, video and video), also called (Multimedia) .

Video compression is a demanding application where large amounts of data must be processed. In this study, we evaluated the new video coding standard (HEVC [High Efficiency Video Coding] / H.265) with certain variables, in particular video content ,Quantization Parameter (QP) and Constant rate factor (CRF), the experiments were conducted using the HM16.11 platform and FFmpeg platform.

**Mots clés : Video compression, H.265 HEVC, HM16.11 FFMPEG, x265**

## Résumé:

Les technologies de l'information constituent l'un des domaines de développement les plus importants en raison de la forte demande des utilisateurs, qui font désormais partie de notre quotidien et qui sont devenues indispensables pour réduire ou comprimer le volume des médias (audio, vidéo et vidéo), également appelé (MultiMedia).

La compression vidéo est une application exigeante, où de grandes quantités de données doivent être traitées. Dans ce mémoire, nous avons évalué la nouvelle norme de codage vidéo (HEVC [Codage vidéo à haute efficacité] / H.265) avec certaines variables, en particulier le contenu vidéo et le paramètre de quantification (QP) et facteur de taux constant (CRF), les expériences ont été menées en utilisant la plateforme HM16.11 et la plateforme FFmpeg.

**Mots clés : Compression de la vidéo, H.265 HEVC, HM16.11 FFMPEG, x265**

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I.1</b> : Standards des dispositifs analogiques .....	06
<b>Tableau I.2</b> : La différence entre la tv analogique et numérique .....	14
<b>Tableau II.1</b> : Les formats vidéo .....	19
<b>Tableau II.2</b> : Exemple de débit mesuré pour une vidéo HD .....	21
<b>Tableau III.1</b> : La différence entre H.265 (HEVC) et H.264 .....	34
<b>Tableau IV.1:</b> Conversion PSNR en MOS .....	43
<b>Tableau IV.2:</b> Séquences vidéo originales avec résolution, fréquence image (fps).....	45
<b>Tableau IV.3:</b> L'impact de la QP sur la la séquence vidéo (city).....	47
<b>Tableau IV.4:</b> L'impact de la QP sur la la séquence vidéo (Crew).....	48
<b>Tableau IV.5 :</b> L'impact de la QP sur la la séquence vidéo (FOREMAN) .....	49
<b>Tableau IV.6:</b> L'impact de la QP sur la la séquence vidéo (CROWDRUN).....	50
<b>Tableau IV.7:</b> L'impact de la QP sur la la séquence vidéo (Crowdrun HD).....	51
<b>Tableau IV.8:</b> La relation entre le CRFet la la séquence vidéo (CITY).....	52
<b>Tableau IV.9</b> : L'impact de la CRF sur la la séquence vidéo (crew).....	53
<b>Tableau IV.10:</b> L'impact de la CRF sur la la séquence vidéo (FOREMAN).....	54
<b>Tableau IV.11:</b> L'impact de la CRF sur la la séquence vidéo (Crowdrun).....	55
<b>Tableau IV.12:</b> L'impact de la CRF sur la la séquence vidéo (CrowdrunHD).....	56

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure I.1</b> : Le principe de la transmission hertzienne terrestre.....	07
<b>Figure I.2</b> : Infrastructure de la transmission hertzienne terrestre.....	08
<b>Figure I.3</b> : La mise en place d'une émetteur TV/récepteur TV.....	08
<b>Figure I.4</b> : Canal de télévision analogique .....	09
<b>Figure I.5</b> : Représentation de la modulation d'amplitude et la modulation de fréquence...	09
<b>Figure I.6</b> : Le principe de synthèse additive.....	10
<b>Figure I.7</b> : Décomposition d'une image couleur.....	11
<b>Figure I.8</b> : Représentation d'amplitude de signaux R ,V, B.....	11
<b>Figure I.9</b> : Un exemple d'une vidéo analogique.....	12
<b>Figure I. 10</b> : Le passage de l'analogique au numérique.....	13
<b>Figure II.1</b> : Image d'une scène vidéo.....	17
<b>Figure II.2</b> : Échantillonnage spatial et temporel d'une séquence vidéo .....	17
<b>Figure II .3</b> : Séquence vidéo entrelacée .....	18
<b>Figure II.4</b> : Tailles des formats vidéo.....	20
<b>Figure II.5</b> : Chaîne de génération d'une vidéo numérique.....	20
<b>Figure II.6</b> : Echantillonnage couleur .....	22
<b>Figure II.7</b> : Structure d'un GOP dans un codec vidéo.....	24
<b>Figure III.1</b> : La transmission des vidéos .....	31
<b>Figure III.2</b> : Schéma de principe du Coder HEVC.....	32
<b>Figure III.3</b> : Les avantages du codecHvc/H.265 .....	33
<b>Figure III.4</b> : Groupe d'images (Group of pictures) .....	35
<b>Figure IV.1</b> : Diagramme d'évaluation typique de la vidéo .....	43
<b>Figure IV.2</b> : Echantillons de vidéos de test.....	46
<b>Figure IV.3</b> : Les deux encodeurs utilisés pour la compression vidéo.....	47
<b>Figure IV.4</b> : l'impact de QP sur la vidéo CITY.....	47
<b>Figure IV.5</b> : l'impact de QP sur la vidéo CREW.....	48
<b>Figure IV.6</b> : L'impact de QP sur la vidéo FOREMAN.....	49

<b>Figure IV.7:</b> L'impact de QP sur la vidéo CROWDRUN.....	50
<b>Figure IV.8:</b> L'impact de QP sur la vidéo CROWDRUN (HD) .....	51
<b>Figure IV.9:</b> La relation entre CRF et la vidéo CITY .....	53
<b>Figure IV.10:</b> La relation entre CRF et la vidéo CREW.....	54
<b>Figure IV.11:</b> La relation entre CRF et la vidéo FOREMAN.....	55
<b>Figure IV.12:</b> La relation entre CRF et la vidéo CROWDRUN.....	56
<b>Figure IV.13:</b> La relation entre CRF et la vidéo CROWDRUN (HD).....	57
<b>Figure IV.14:</b> Le bitrate avec HM16.11 et avec FFMPEG en fonction de QP.....	57
<b>Figure IV.15:</b> Le temps avec HM16.11 et avec FFMPEG en fonction de QP.....	58
<b>Figure IV.16:</b> Le PSNR avec HM16.11 et avec FFMPEG en fonction de QP.....	58

# LISTE DES ABREVIATIONS

## A

**ATME** : American Textile Machinery Exhibition

**ATSC** : Advanced Television Systems Committee

**AVC**: Advanced video coding

## B

**BR**: Bit rate

## C

**CABAC**: Context Adaptive Binary Arithmetic Coding

**CBR**: Constant Bit Rate

**IEC**: International Electrotechnical Commission

**CIF**: Common Intermediate Format

**CLI**: Command Line Interpreter

**CODEC**: Coder/ Decoder

**CQP**: Constant de Paramètre de Quantification

**CRF**: Constant Rate Factor

**CVBS**: Chroma Video Blanking Synchro

**CVS** : Concurrent Versions System

## D

**DAB** : Digital Audio Broadcasting

**DEM** :Démodulation

**DJVU**: DjVu format

**DV** : Digital Vidéo

**DVD**: Digital Versatile Disc

## **F**

**FCIF:** Full Common Intermediate Format

**FFMPEG :** Fast Forward MPEG (Motion Picture Experts Group)

**FH:** Faisceau hertzien

**FPS :** Frames par second

## **G**

**GOP:** Group of pictures

## **H**

**HD:** High Definition

**HDTV:** High Definition Television

**HFR:** High Frame Rate

**HEVC:** High Efficiency Video Coding

**HF:** High Frequency

## **I**

**IBC:** International Business Company

**IEC:** International Electro technical Commission

**IP:** Internet Protocol

**IpTv:** Internet protocol television

**ISO:** International Organization for Standardization

## **J**

**JPEG :** Joint Photographic Experts Group

**JVT:** joint video team

## **M**

**MFN:** multiple frequencies network

**MOD:** modulation

**MOS:** Mean Opinion Score

**MPEG:** Moving picture experts group

**MV:** Vecteur de mouvement

## **N**

**NAB:** National Association of Broadcasters

**NTSC:** National Television System Committee

## **P**

**PAL:** Phase Alternating Line

**PSNR:** peak signal to noise ratio

## **Q**

**QCIF :** Quarter CIF

**QP :** paramètre de quantification

## **R**

**RNIS :** Réseau numérique à intégration de services

**RVB:** Rouge Vert Bleu

**RTP:** Real-Time Transport Protocol

## **S**

**SD :** définition standard

**SDTV:** Standard for Digital Television

**SECAM :** Séquentiel couleur à mémoire

**SIF :** Source Intermediate Format

**SQCIF :** Sub Quarter CIF, parfois subQCIF

**SVN** :International traffic code

**SVC** : Scalable Video Coding

## **T**

**TAT** : télévision analogique terrestre

**TNT** : télévision numérique terrestre

## **U**

**UHD**: Ultra High Définition

**UHF** : Ultra High Frequency

**UIT** : l'UnionInternationale des Télécommunications

## **V**

**VHF** :Very High Frequency

**VCEG** : Video coding experts group

**VOD** : Video on demand

## **W**

**WMV**: Windows Media Video

# TABLE DES MATIERES

<b>Introduction Générale</b> .....	01
<b>Chapitre I :</b>	
<b><i>Télévision Analogique</i></b> .....	04
I.1 Introduction .....	05
I.2 Historique .....	05
I. 3 Définition .....	05
I.3.1 Définition de la vidéo.....	05
I.3.2 Vidéo analogique.....	06
I.3.3 Télévision analogique .....	06
I.4 La transmission analogique .....	07
I.5 Les principes de la transmission hertzienne terrestre .....	07
I.6 La modulation analogique.....	09
I.7 La luminance et la chrominance.....	10
I.8 Insuffisances de la TV analogique terrestre.....	12
I.9 Fin de la télévision analogique.....	12
I.10 De la télévision analogique à la télévision numérique.....	12
I.11 Mode de fonctionnement de la télévision numérique.....	13
I.12 La différence entre la tv analogique et numérique.....	14
I.13 Conclusion .....	14
<b>Chapitre II :</b>	
<b>Compression de la vidéo</b> .....	15
II.1 Introduction .....	16
II.2 Vidéo numérique.....	16
II. 3 Scènes vidéo naturelles.....	16
II.4 Vidéo entrelacé.....	17
II.5 Vidéo progressif .....	18
II.6 Les formats vidéo .....	18
II.7 La compression vidéo .....	20
II.8 Echantillonnage du signal vidéo .....	22
II.9 La Quantification .....	23
II.10 Les codecs vidéo .....	23
II.11 Groupe d'images .....	23
II.12 Les normes de compression vidéo .....	24
II.12.1 JPEG .....	24
II.12.2 MPEG-1.....	25
II.12.3 MPEG-2.....	25
II.12.4 H.261 .....	26

II.12.5 H.263 .....	26
II.12.6 H.264 : MPEG-4 AVC.....	27
II.13 Conclusion .....	28

### **Chapitre III :**

#### **High Efficiency video coding .....29**

III.1 Introduction.....	30
III.2 La compression.....	30
III.3 La codage vidéo.....	30
III.4 H265/ HEVC (High Efficiency Video Coding) .....	31
III.5 Objectifs de HEVC .....	32
III.6 Profils.....	33
III.7 La différences entre H.265/HEVC et H.264 /MPEG 4-AVC.....	34
III.8 Le logiciel de référence du standard HEVC (HM) .....	34
III.9 Le fonctionnement de H.265/hevc compression vidéo.....	35
III.10 Le codeur x265 du Codec vidéo H.265.....	36
III.11 La différence entre X265 et HM.....	36
III.12 La plateforme FFmpeg.....	37
III.12.1 Présentation de FFmpeg.....	37
III.12.2Fonctionnement.....	37
III.12.3 Utilisation de FFmpeg.....	38
III.13 Conclusion.....	39

### **Chapitre IV :**

#### **Analyse des performances et résultats .....40**

IV.1 Introduction.....	41
IV.2 L'objectif.....	41
IV.3 Paramètre de quantification (QP).....	41
IV.4 Constant Rate Factor (CRF).....	41
IV.5 Méthodes d'évaluation.....	42
IV.6 Le PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) .....	43
IV.7 Le bitrate.....	44
IV.8 L'importance de mouvement.....	44
IV.9.Les métriques de qualité vidéo.....	44
IV.10. Analyse des performances des H.265/HEVC.....	46
IV.11. Simulations, résultats et discussions.....	47
IV.11.1 Analyse des performances des H.265/HEVC avec HM 16.11.....	47
IV.11.2 Analyse des performances des H.265/HEVC avec x265.....	52
IV.12 Discussion.....	58
IV.13 Conclusion.....	61

#### **Conclusion Générale.....62**

#### **Bibliographie.....65**

---

---

# *Introduction Générale*

---

---

## **INTRODUCTION GENERALE**

La vidéo est l'un des médias la plus importante pour les communications, le divertissement et de nombreuses autres applications. A l'origine, la vidéo était analogique depuis sa génération, en utilisant des capteurs, et transmission par radio ou par câble jusqu'à sa réception.

L'évolution des nouvelles techniques et technologies numériques a conduit à la numérisation de ce type de contenu et nous a permis d'avoir des vidéos de haute qualité et haute définition [1] [2].

En effet, depuis la fin des années 1970, la résolution de la vidéo n'a cessé de croître passer de quelques centaines de kilopixels par image à plusieurs dizaines de mégapixels par image, comme le UHD 8K (Ultra High Definition ou 4320p) avec une résolution de  $7680 \times 4320$ . Ceci était cependant accompagné d'une énorme quantité de données numériques pour traiter, transmettre et stocker sur des ordinateurs de bureau, des smartphones, des tablettes et d'autres appareils.

Une vidéo est une succession d'images à une certaine cadence. L'oeil humain est capable de distinguer environ 20 images par seconde. On caractérise la fluidité (vitesse) d'une vidéo par le nombre d'images par secondes (en anglais frame rate), exprimé en FPS (Frames per second) D'autre part la vidéo au sens multimédia du terme est généralement accompagnée de son, c'est-à-dire de données audio [2]. La taille des fichiers vidéo peut poser des problèmes, et le concept même de réduction de la taille d'un fichier vidéo dépend d'un grand nombre de variables. pour l'envoyer plus facilement ou le transmission plus rapidement [3]. on réaliser cette opération utile la compression de vidéo et qui est la dernière étape avant le télé versement de votre fichier sur le plateforme. La compression de la vidéo représente une étape cruciale dans le processus de création vidéo. Comme son nom l'indique, l'intention première est de réduit la taille du fichier finale., ils économisent la bande passante et se chargent plus rapidement lorsqu'ils sont lus. Le défi d'une bonne compression est d'avoir une compression optimale sans toutefois le faire au détriment de la qualité visuelle de vos fichiers. Si la vidéo est trop compressée, le fichier peut perdre ses détails, sa résolution, sa clarté et bien plus encore.[4] La résolution d'une vidéo détermine la taille en hauteur et en largeur dans laquelle elle sera créée [3]

Un codec (acronyme de codage-décodage) est un algorithme de compression / décompression d'un signal audiovisuel numérique. [5] Les codecs sont donc indispensables pour cette étape de but de réduire la taille des flux vidéo. Un codec est un dispositif électronique ou un logiciel permettant de compresser et/ou de décompresser un signal numérique : il encode pour transmettre, stocker ou crypter des flux audiovisuels et les décode pour l'édition ou la lecture. Il existe de nombreux formats de fichier vidéo différents dans lesquels vous pouvez exporter vos contenus. Pour vous aider à mieux comprendre les codecs et containers vidéo,. Les codecs encodent ou compressent les flux de données pour le stockage, le visionnage et le montage vidéo sur une variété de plates-formes, leur rôle est de compresser/décompresser les données audiovisuelles[5] et pour compresser une vidéo il ya plusieurs plateformes parmi les H264, HEVC/HM16.11, FFMPEG.

HEVC pour "**H**igh **E**fficiency **V**ideo **C**oding" est un standard de compression vidéo. Il est également appelé H.265. Par rapport à son prédécesseur (H.264), le codec HEVC permet de réduire de moitié environ le poids d'une vidéo HD (1280 x 720 pixels ) ou Full HD ( 1080 x 1920 pixels ) tout en conservant une qualité d'image équivalente[6].

Le HEVC/HM16.11 est tout particulièrement adapté à la compression des vidéos de grande taille, notamment celles de définition Ultra HD (3 840 x 2 160 pixels), tout en permettant de conserver un poids de fichier raisonnable.

Le FFMPEG est un outil disponible en logiciel libre qui permet d'effectuer certaines sorte d'encodage / décodage sur des fichiers ou flux réseaux contenant images [7].

Notre mémoire s'articule autour de quatre chapitres :

Le premier chapitre, nous mentionnons des généralités sur les vidéos analogiques et la télévision analogique.

Le chapitre 2 est consacré aux généralités sur la compression vidéo tels que: les différentes technologies, codecs....etc.

Le troisième chapitre est principalement consacré à la présentation de la norme H265/HEVC, la

Le dernier chapitre est consacré à la simulation et les résultats obtenus.

Finalement ce mémoire est clôturé par une conclusion générale résumant les idées fondamentales que nous a apportées ce travail.

# ***CHAPITRE I***

---

## ***Télévision analogique***

---

## **I.1 Introduction**

Avec le développement de la technologie et l'avènement de l'ère Internet, le monde a considérablement évolué et son attention attire de plus en plus de monde. Les médias vont des médias écrits, comme l'imprimé, la radio et la télévision, mais la radio et la télévision sont des moyens anciens permettant aux gens d'obtenir des nouvelles et des informations. La technologie analogique est utilisée dans la transmission électronique dans laquelle des fréquences variables sont produites afin de produire une variation du courant électromagnétique [8]. Parallèlement, le passage au numérique a signé l'arrêt de la télévision analogique.

La télévision numérique est l'un des procédés pour regarder la vidéo, avec la TV par câble, par satellite, internet, et peut être regardée sur ordinateur ou sur son mobile. [8]

## **I.2 Historique**

La télévision a connu, depuis plus d'un demi-siècle, un développement qui s'est accéléré. En France par exemple, la première chaîne naît en 1949, la deuxième en 1964, la troisième en 1973, Canal Plus en 1984, les cinquième et sixième chaînes en 1986. Le passage à vingt chaînes s'est fait en analogique entre 1986 et 1994 à la faveur des satellites et du plan câble. Enfin, le numérique a favorisé la création de chaînes en 1994.

Le but de la télévision est de transmettre des images animées à distance. La première voie qui fut exploitée a été de copier le cinéma, donc de transmettre simultanément tous les points composant l'image. Chaque point lumineux était convertit en signal électrique et transmis. Ce système nécessitait donc autant d'émetteurs que de points dans l'image, l'idée fut rapidement abandonnée. La télévision devait donc être un système séquentiel, l'image est décomposée à l'émission et recomposée à la réception [9] ;

## **I. 3 Définition**

### **I.3.1 Définition de la vidéo**

Une vidéo est une succession d'images à un certain rythme, portée une gros quantité d'informations. L'oeil humain peut être capable de distinguer environ 20 images par seconde. Donc, en affichant plus de 20 images par seconde, il est possible de tromper l'œil et de le faire ressembler à une image en mouvement. On décrit la fluidité d'une vidéo par le nombre d'images par secondes (de l'anglais frame rate), exprimé en FPS (Frames per second, en français trames par seconde). On distingue la vidéo analogique et la vidéo numérique [10].

### I.3.2 Vidéo analogique

La vidéo analogique représentant l'information transmise sous forme d'un signal analogique, par l'intermédiaire des ondes ou câble (la télévision support d'affichage vidéo le plus communément répandu). Une image vidéo analogique en couleurs a comme caractéristique d'être reconstituée par le mélange, à quantité variable, des trois couleurs initial rouge, vert, bleu. Mais en pratique, le signal vidéo ne se présente pas toujours sous la forme de trois signaux RVB. Il peut en fait revêtir d'autres formes différentes.

### I.3.3 Télévision analogique

La télévision analogique est la transmission des séquences d'images à distance par ondes hertziennes ou par câble ; ou c'est l'ensemble des techniques relatives à ce type de transmission.

La télévision analogique terrestre (TAT) est l'ensemble du réseau de diffusion de terre composé d'émetteurs (pilotes) et de réémetteurs locaux. Ce réseau utilise des ondes dites hertziennes. Les signaux pour la couleur sont SECAM (*Séquentiel couleur à mémoire*) et PAL (*Phase Alternating Line*) en Europe.

NTSC (*National Television System Committee*) aux États-Unis d'Amérique, au Canada ou au Japon. Des émetteurs sont reçus sur les antennes VHF (*Very High Frequency*) et UHF (*Ultra High Frequency*) individuelles ou collectives qui permettent, suivant les caractéristiques du site, des qualités d'image variables, ayant fait l'objet d'une codification [11].

Standards analogiques	Format
NTSC	Vidéo analogique en couleur. - 30 images par seconde. - vidéo 525 lignes. - Il peut être exploité pour les DVD -vidéo avec une résolution de 720 × 480 lignes. - Les deux signaux de chrominance (U et V) sont transmis simultanément. - Bande passante à 60 Hz.
SECAM	-Vidéo analogique en couleur. - 25 images par seconde. - 625 lignes par image. - Les informations U et V sont transmises alternativement une ligne sur deux. - Bande passante à 50 Hz.
PAL	-Vidéo analogique en couleur. - 25 images par seconde. - 625 lignes par image (576 seulement sont affichées). - Bande passante à 60 Hz.

Tableau I.1 Standards des dispositifs analogiques [12]

## I.4 La transmission analogique

La transmission analogique de données consiste à faire circuler des informations sur un support physique sous la forme d'une onde. La transmission des données se fait par l'intermédiaire d'une onde porteuse, une onde simple dont le seul but est de transporter les données par modification de l'une de ces caractéristiques (amplitude, fréquence ou phase), c'est la raison pour laquelle la transmission analogique est généralement appelée transmission par modulation d'onde porteuse. Selon le paramètre de l'onde porteuse que l'on fait varier, on distinguera trois types de transmissions analogiques:

- La transmission par modulation d'amplitude de la porteuse
- La transmission par modulation de fréquence de la porteuse
- La transmission par modulation de phase de la porteuse [12]

## I.5 Les principes de la transmission hertzienne terrestre

La transmission hertzienne terrestre fut le premier moyen de transmission des programmes audiovisuels.

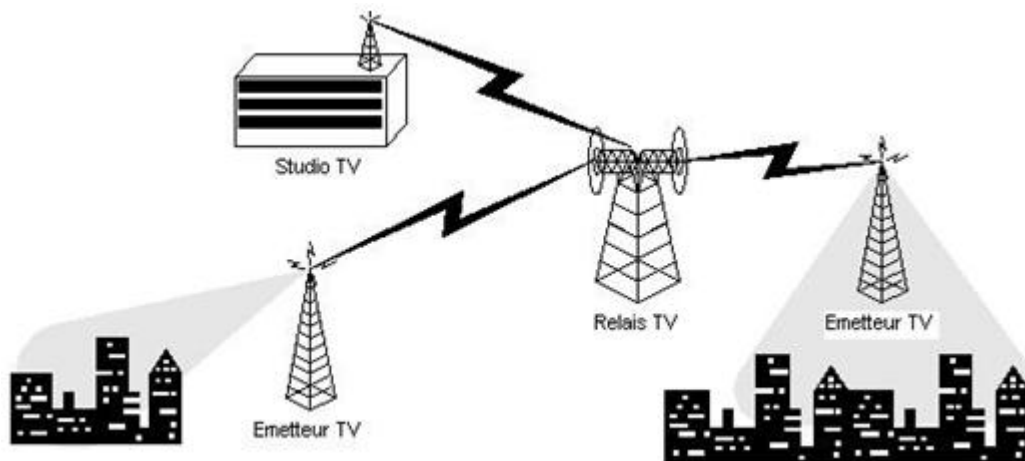


Figure I.1 : Le principe de la transmission hertzienne terrestre.

Le studio de TV transmet vers des relais qui retransmettent aux différents émetteurs. Pour couvrir l'ensemble du territoire, un nombre important de relais est nécessaire ; Toutes ces transmissions peuvent dégrader le signal sont très coûteuses en infrastructure et difficiles à sécuriser.

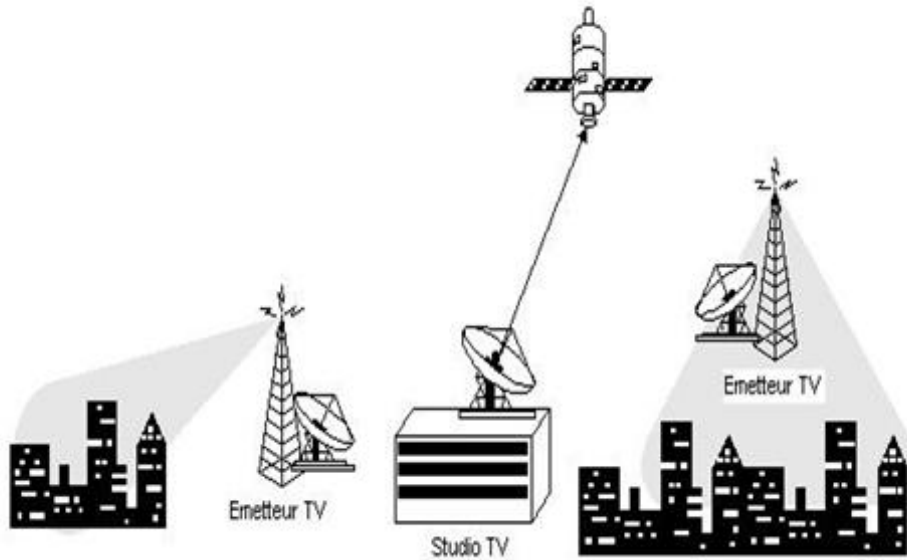


Figure I.2 : Infrastructure de la transmission hertzienne terrestre.

La mise en place de nouveaux émetteurs ou l'adjonction de nouveaux canaux se fait maintenant fréquemment par le biais de la réception satellite.

En réception, le signal peut être dégradé dans le cas où l'émetteur est situé trop loin ou si l'antenne de réception capte à la fois le signal venant directement de l'émetteur plus un signal indirecte (réfléchi sur une montagne ou un immeuble) ce qui crée de l'écho (l'image de l'onde réfléchi qui a parcourue plus de distance est décalée par rapport à l'image de l'onde directe).

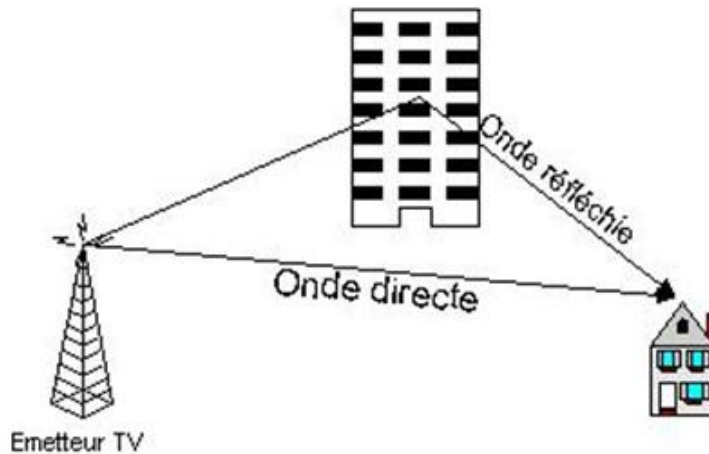


Figure I.3 La mise en place d'une émetteur TV/récepteur TV.

## I.6 La modulation analogique

Afin de transmettre plusieurs canaux composés de l'image codée et du ou des sons associés, un canal de transmission doit être créé. Nous allons donc utiliser une fréquence porteuse;

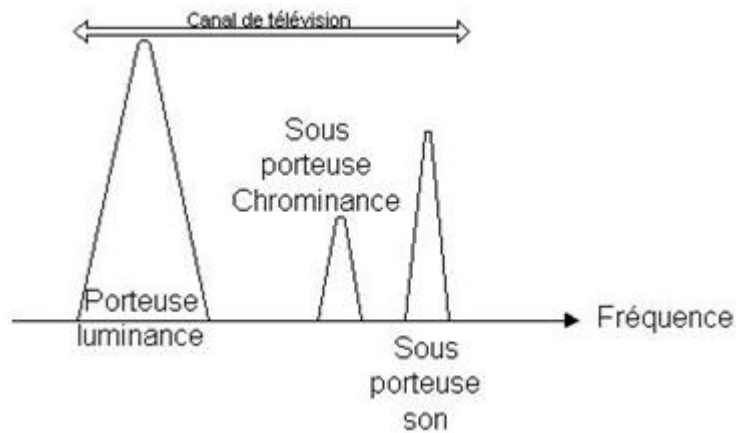


Figure I.4: Canal de télévision analogique.

Cette fréquence devra être modulée par le signal à transmettre (vidéo et audio). [13]

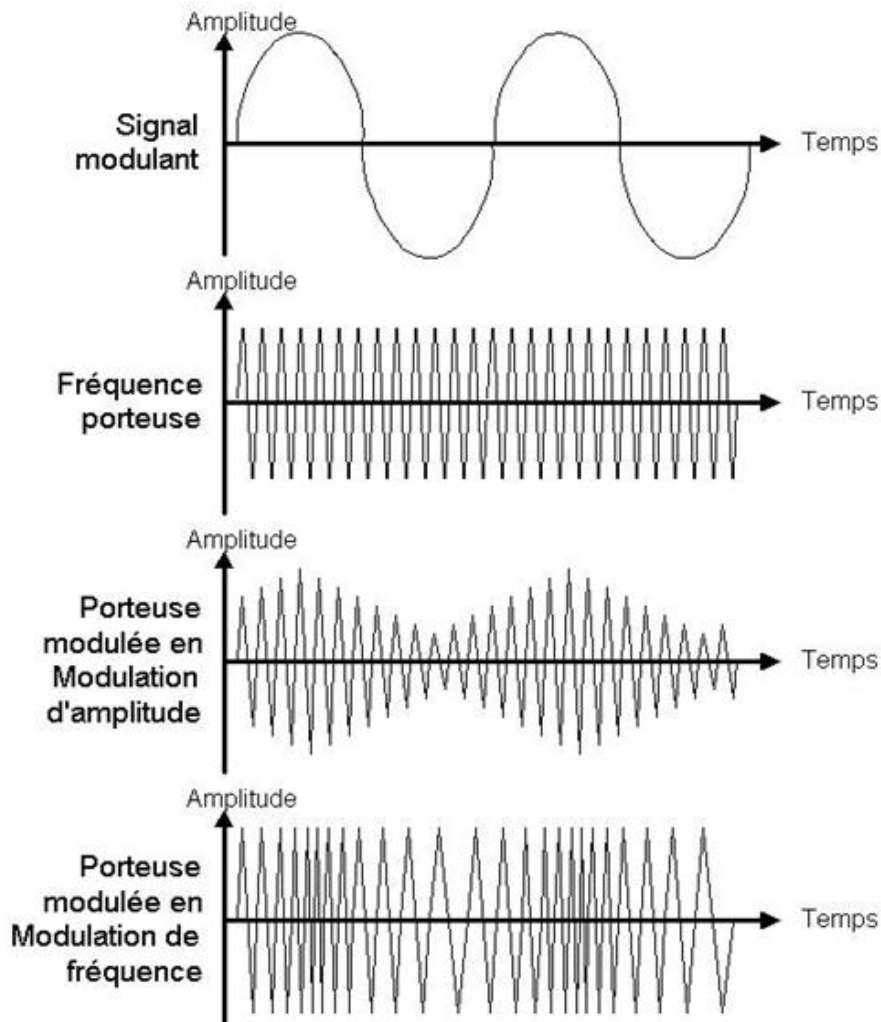


Figure I.5 : Représentation de la modulation d'amplitude et la modulation de fréquence.

## I.7 La luminance et la chrominance

La restitution de la couleur utilise trois couleurs primaires:

- ❖ Rouge
- ❖ Vert
- ❖ Bleu

La superposition des sensations résultant de l'addition de deux couleurs primaires donne une couleur secondaire :

Rouge + Vert = Jaune

Rouge + Bleu = Magenta

Vert + Bleu = Cyan

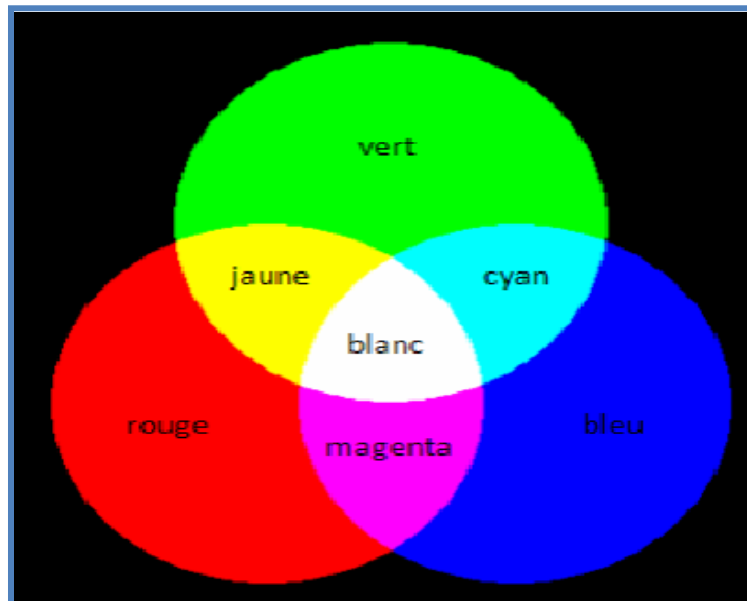


Figure I.6: Le principe de synthèse additive.

L'addition des trois couleurs primaire (saturées) donne du blanc :

Rouge + Vert + Bleu = Blanc

Le paramètre Y permet de représenter la luminance (l'information en noir et blanc), tandis que U et V représentent la chrominance, c'est-à-dire l'information sur la couleur. Ce modèle a été mis au point pour permettre d'envoyer des informations colorées aux moniteurs de télévision couleurs, tout en faisant en sorte que les moniteurs de télévision noir et blanc existant continuent de diffuser une image en tons de gris.

Voici les relations liant Y à R, G et B, U à R,G,B et à la luminance, et enfin V à R,G,B et à la luminance :

- $Y = 0.299R + 0.587 G + 0.114 B$
- $U = -0.147R - 0.289 G + 0.436B = 0.492(B - Y)$
- $V = 0.615R - 0.515G - 0.100B = 0.877(R-Y)$

Ainsi U est parfois noté *Cr* et V noté *Cb*, d'où la notation *YCrCb*.



Figure I.7 Décomposition d'une image couleur.

La télévision exploite le mode de restitution de la couleur sous forme de deux composantes:

- Le signal luminance
- Le signal chrominance

Ces proportions ont été choisies sur des critères physiologiques : le vert semble toujours plus lumineux que le rouge qui l'est plus que le bleu. Au niveau de la transmission, pour des raisons techniques, au lieu de transmettre les signaux R et B, on transmet les signaux chroma ( $Y - R$ ) et ( $Y - B$ ). [13]

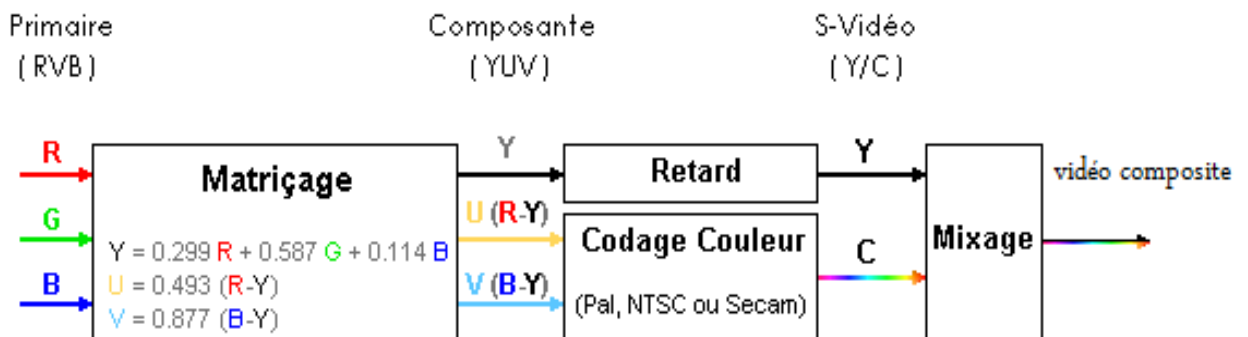


Figure I.8 : Représentation d'amplitude de signaux R, V, B.

## I.8 Insuffisances de la TV analogique terrestre

La télévision analogique a des inconvénients qui sont représentés dans :

- La qualité du signal à la réception est affectée par les bruits et la distance (affaiblissement du signal), Occupation de tout un canal de transmission FH (Faisceau hertzien)
- de largeur 30 Mhz: Non rationalisation de l'utilisation du spectre, un programme de bande 6 Mhz par canal radiofréquence
- Planification uniquement en MFN (multiple fréquences network)
- La qualité de réception sur les mobiles est difficile, tributaire de l'environnement, réception en général affectée par l'effet des trajets multiples. [15]

## I.9 Fin de la télévision analogique

Sachant que la diffusion analogique consomme environ six fois plus de fréquences que la diffusion numérique, l'arrêt de la diffusion des chaînes analogiques rend disponible un volume relativement important de fréquences aux qualités reconnues en matière de propagation et de pénétration dans les bâtiments. Le lancement de nouveaux services sur ces fréquences devenues ainsi disponibles constitue l'objectif principal de l'arrêt de l'analogique [16].



Figure I.9 : Un exemple d'une vidéo analogique.

## I.10 De la télévision analogique à la télévision numérique

Le passage de la Télévision analogique à la télévision numérique (vidéo numérique) est une exigence de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) qui fixe la date du 17 juin 2015 comme date butoir pour compléter cette transition.

La télévision numérique offre beaucoup d'avantages, notamment une gamme plus large de programmes, accès à de nouveaux services, augmentation de la capacité de transport des réseaux

de télévision, amélioration de la qualité des images, perfection de la sonorisation et développement d'applications interactives de la télévision.

Étendre la couverture de la TNT, parallèlement au maintien de la télévision analogique, devient particulièrement complexe. Le manque de fréquences dans certaines régions ralentit le processus et les réaménagements nécessaires induisent des travaux, des coûts et des désagréments de plus en plus difficiles à gérer. L'arrêt de l'analogique permet une diffusion plus efficace de la TNT avec, dès qu'elle est captée, une meilleure réception des chaînes figurant dans son offre [17]



Figure I. 10 : Le passage de l'analogique au numérique.

### **I.11 Mode de fonctionnement de la télévision numérique**

Dans la télévision numérique toutes les informations de son, d'images, et autres, sont transmises sous forme de nombres binaires.[17]

La technologie de transport flexible permet de nombreuses possibilités pour la transmission de formats audio -visuels différents ainsi que d'informations supplémentaires. Un canal à haute fréquence permet ainsi la transmission simultanée de plusieurs programmes, tandis que la TV analogique est limitée à un programme par canal. La transmission numérique permet en plus d'éliminer presque les pertes de qualité sur les voies de diffusion [ 14].

## I.12 La différence entre la tv analogique et numérique

TV numérique	la TV analogique
Ajout presque illimité d'informations supplémentaires ( par exemple. guide électronique de programmes)	Largeur de bande limitée pour des informations supplémentaires (télétexte)
Supporte des formats différents de vidéo (par exemple. SDTV (Standard Digital Television ), SDTV, HDTV (High Definition Television) ainsi que d'autres formats .	Seulement PAL , SECAM, NTSC
plusieurs canaux audio stéréo: Dolby Digital	limité à deux canaux analogiques audio: Dolby Surround
Transmission de fichiers pour d'autres applications	largeur de bande pour les fichiers fortement limitée et pas adaptée à des applications à hauts débits
Transmission simultanée de plusieurs programmes par canal HF (permet une offre plus large de programmes)	Le programme occupe tout un canal HF
Transmission numérique, les pertes sur la voie de transmission peuvent être presque totalement éliminées	Correction difficile voire impossible des interférences captées sur la voie de diffusion .

Tableau I.2 : La différence entre la tv analogique et numérique. [17]

## I.13 Conclusion

La transition de la télévision analogique vers la télévision numérique est la conséquence d'une révolution technologique mondiale et chacun doit donc s'adapter et en tirer les bénéfices. À terme, tous les pays du monde sont concernés. La TNT connaît un très grand succès avec une qualité d'image et de son largement supérieure à celle de la diffusion hertzienne analogique. La télévision analogique possède une programmation redondante avec celle de la TNT qu'en termes de qualité d'image et de son. Le passage vers la télévision numérique est l'arrêt de la diffusion analogique des chaînes reçues par l'antenne [18].

# ***CHAPITRE II***

---

## ***Compression de la vidéo***

---

## II.1 Introduction

Le monde de la vidéo connaît actuellement une évolution vers le mode numérique, et ce à tous les niveaux. Lorsque l'œil humain perçoit une séquence d'images séquentielles, un phénomène étonnant se produit, si les images sont affichées assez rapidement, l'œil ne les distingue pas séparément, mais perçoit une légère animation. C'est sur cette base que les films et les vidéos sont développés. Ainsi, le nombre d'images par seconde et la résolution sont des paramètres très importants en matière de vidéo numérique, car ils déterminent la quantité de données à transmettre et à enregistrer pour la diffusion. Souvent des compromis entre la qualité optimale requise pour la vidéo et les limitations qui y sont imposés.

## II.2 Vidéo numérique [19][20]

La vidéo numérique est une représentation d'une scène visuelle, naturelle ou réelle, échantillonnée spatialement et temporellement. Une scène est typiquement échantillonnée à un moment donné pour produire une image, qui représente la scène visuelle complète à ce moment précis,

L'échantillonnage est répété à intervalles réguliers (intervalles de 1/25 ou 1/30 seconde, par exemple) pour produire un signal vidéo en mouvement. Trois composants ou ensembles d'échantillons sont généralement requis pour représenter une scène en couleur

## II.3 Scènes vidéo naturelles

Une scène vidéo est généralement composée de plusieurs objets ayant chacun leur propre forme, profondeur, texture et illumination. La couleur et la luminosité d'une scène vidéo naturelle changent avec des degrés variables de douceur tout au long de la scène, c'est-à-dire qu'elle a un ton continu. Les caractéristiques d'une scène vidéo typique (Figure II.1) qui sont pertinentes pour le traitement et la compression vidéo incluent des caractéristiques spatiales telles que la variation de texture dans la scène, le nombre et la forme des objets, la couleur et autres caractéristiques temporelles et le mouvement de la caméra ou du point de vue [19] [21].



Figure II.1 Image d'une scène vidéo.

La vidéo numérique est la représentation d'une scène vidéo échantillonnée sous forme numérique. Chaque échantillon spatio-temporel, un élément d'image ou un pixel, est représenté par un ou plusieurs nombres qui décrivent la luminance et la couleur de l'échantillon.

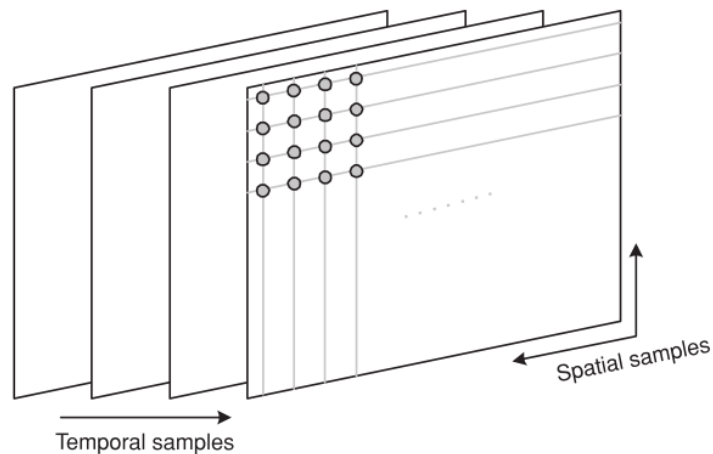


Figure II.2 Échantillonnage spatial et temporel d'une séquence vidéo.

Un signal vidéo peut être échantillonné sous la forme d'une série de trames complètes, d'un échantillonnage progressif ou d'une séquence de trames, d'un échantillonnage entrelacé.

## II.4 Vidéo entrelacée

Lorsque vous regardez votre télévision, votre oeil regarde en réalité des demi-images que l'on appelle des trames. L'écran affiche par exemple 50 trames par seconde dont l'une est composée de lignes paires et la suivante de lignes impaires. Lorsque ces trames s'entrelacent elles créent une image pleine. Ce système appelé "entrelacement". Par exemple l'abréviation 50i désigne un balayage entrelacé de 50 trames par seconde (i pour interlaced en anglais) [20].

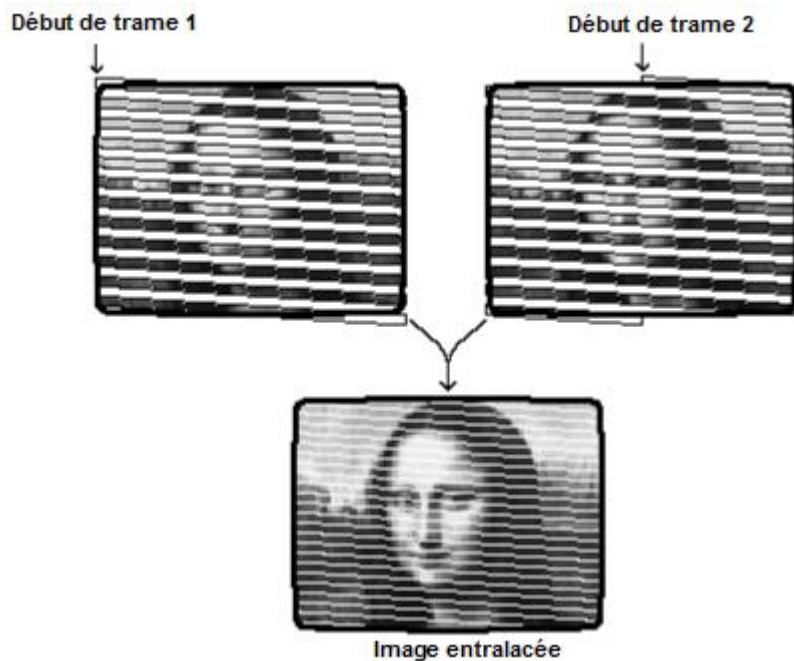


Figure II.3 Séquence vidéo entrelacée.

## II.5 Vidéo progressif

Le mode progressif ajoute la précision de la vidéo puisque chaque image s'affiche d'un coup avec toutes ses lignes. En progressif, l'image est alors moins fluide. Pour mentionner le mode progressif, les spécialistes ajoutent la lettre "p" après le nombre de lignes ou d'images par seconde [21].

## II.6 Les formats vidéo [22] [23]

Il y a plusieurs types de résolutions vidéo:

**CIF** (Common Intermediate Format) : également connu sous le nom FCIF (Full Common Intermediate Format), est un format utilisé pour normaliser les résolutions horizontales et verticales en pixels de séquences Y Cr Cb dans les signaux vidéo, couramment utilisés dans les systèmes de téléconférence vidéo et les services audiovisuels. Il est le format de base du codage des normes H.261 et H.263. CIF définit une séquence vidéo avec une résolution de  $352 \times 288$ , un frame rate de  $30000/1001$  (environ 29,97) comme NTSC, avec une couleur encodée en utilisant Y Cr Cb 4: 2: 0.

**SIF** (Source Intermediate Format) : SIF est pratiquement identique à CIF, mais pris de MPEG-1 plutôt que des normes ITU. SIF sur les systèmes à base de 525 lignes (NTSC) est de  $352 \times 240$  et sur les systèmes à 625 lignes (PAL), il est identique à CIF ( $352 \times 288$ ).

**QCIF** (Quarter CIF) : Pour avoir un quart de la superficie, comme l'indique le «quart», la hauteur et la largeur de la trame sont divisées par deux.

Les termes également utilisés sont **SQCIF** (Sub Quarter CIF, parfois subQCIF), **4CIF** ( $4 \times \text{CIF}$ ) et **16CIF** ( $16 \times \text{CIF}$ ). Les résolutions de la luminance et la chrominance pour tous ces formats sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Format de l'image	Résolution de la luminance (horiz x vert)	Résolution de la chrominance (horiz x vert)
<b>Sub-QCIF</b>	128 * 96	64 * 48
<b>QCIF</b>	176 * 144	88 * 72
<b>CIF</b>	352 * 288	176 * 144
<b>4CIF</b>	704 * 576	352 * 288
<b>16CIF</b>	1408 * 1152	704 * 576

Tableau II.1 Les formats vidéo.

La définition correspond au nombre de pixels horizontaux et verticaux qui forment l'image :

- ❖ **SD**: la définition standard de 720 x 576 pixels, c'est celle que proposent les DVD
- ❖ **720p** : un format intermédiaire faisant partie intégrante de la HD (Haute Définition), avec ses 1280 x 720 pixels. Il reste toujours employé par les prestations de vidéo à la demande (Video on demand VoD) du fait de ses besoins en bandes passantes moins importants.
- ❖ **Full HD** : avec ses 1920 x 1080 pixels, c'est l'autre définition de la HD. La vraie, la pleine la totale, celle que propose tout les téléviseurs actuels. C'est également la définition employée par le Blu-ray, successeur du DVD qui remplacé l'autre format HD : le HD-DVD [40].
- ❖ **Quad HD - Ultra HD** : 3840 x 2160 pixels, souvent faussement appelé 4K parce que celui-ci est un format cinéma de 1 920 × 1 080 pixels. Le terme Quad HD est le plus juste puisque cette définition fournit effectivement quatre fois plus de pixels que le Full HD. Mais actuellement il faut employer le terme Ultra HD.
- ❖ **8K** : cette définition offre en tout cas 16 fois plus de points que Full HD, et quatre fois plus que l'Ultra HD. Le 8K, deux fois plus de lignes verticales et horizontales que l'Ultra HD, et donc quatre fois plus de lignes que Full HD. C'est quatre fois plus de pixels que l'Ultra HD, et 16 fois plus que Full HD [23].

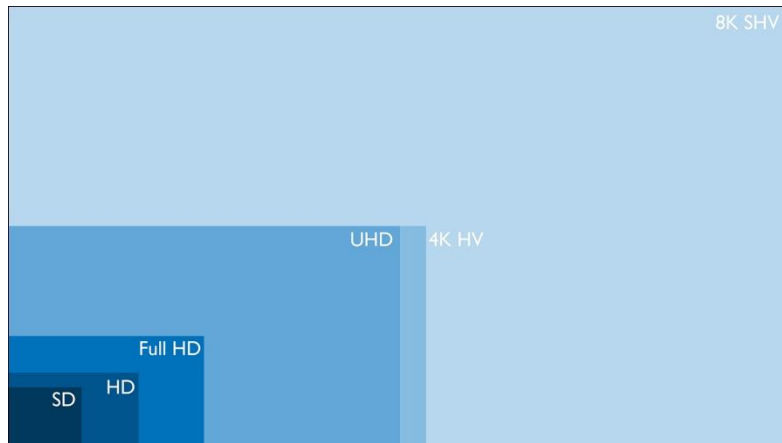


Figure II.4 Tailles des formats vidéo.

## II.7 La compression vidéo [19] [20] [24]

Le codage vidéo est le processus de compression et de décompression d'un signal vidéo numérique. Le codeur (un compresseur) convertit les données source en une forme comprimée occupant un nombre réduit de bits, avant la transmission ou le stockage, et le décodeur (un décompresseur) convertit la forme compressée en une représentation des données vidéo originales. Le pair encodeur / décodeur est souvent décrite comme un CODEC (enCOder / ECodeur)

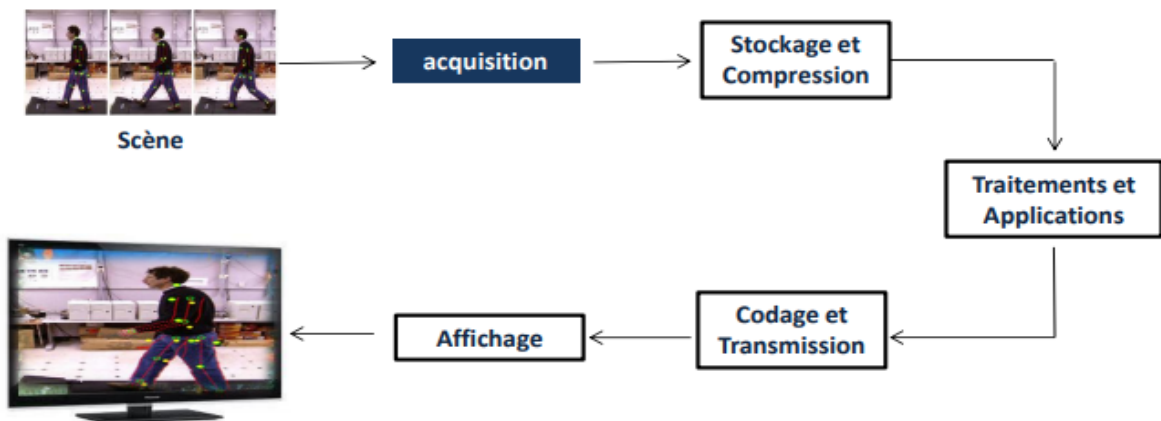
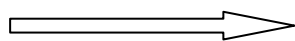


Figure II.5 : Chaîne de génération d'une vidéo numérique.

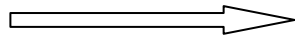
Il existe plusieurs normes et codecs de compression vidéo:

H.265  
 H.264  
 H.261  
 MPEG-1  
 MPEG-2  
 MPEG-H  
 DivX  
 Xvid



Normes dérivés des standards MPEGs

DV  
WMV  
x264  
x265  
HM



Codecs dérivés des standards MPEGs

Il est utile de noter que : La norme délimite un format, alors que le codec, de son côté, est un équipement ou une application (logiciel) capable de coder et de décoder (compresser et décompresser) un flux de données. Ainsi, il est par exemple inexact de parler de codec H.265, car plusieurs codecs existent, à l'image du HM [41], x265[42], ou libde265 [25].

Les fichiers vidéo sont volumineux et exigent des débits importants comparant aux fichiers textes.

Soit une vidéo au format :

HD 1080p = 1920 × 1080 à 50 Hz (images/sec)

	<b>Y luminance</b>	<b>Cb chrominance</b>	<b>Cr chrominance</b>
Nbre pixels	1920*1080= 2.1 M	960*540= 0.5 M	960*540= 0.5 M
Nbre bits par pixel	8 bit	8 bit	8 bit
<b>Débit</b>	<b>1.2 Gbps</b>		

Tableau II.2 Exemple de débit mesuré pour une vidéo HD.

La compression de données est obtenue en supprimant la redondance, c'est-à-dire des composants qui ne sont pas nécessaires pour une reproduction fidèle des données. De nombreux types de données contiennent une redondance statistique et peuvent être efficacement compressés en utilisant une compression sans perte. Ainsi,

Une compression avec perte est nécessaire pour obtenir une compression plus élevée. Dans un système de compression avec perte, les données décompressées ne sont pas identiques aux données source et des taux de compression beaucoup plus élevés peuvent être obtenus au détriment d'une perte de qualité visuelle. Les systèmes de compression vidéo avec perte sont basés sur le principe de suppression de la redondance, des éléments de l'image ou de la séquence vidéo qui peuvent être supprimés sans affecter de manière significative la perception de la qualité visuelle par le spectateur.

- les redondances spatiales (intra-images) : une seule image contient beaucoup de redondances, a fortiori si elle présente des zones uniformes plus ou moins grandes, c'est à dire où il existe de fortes corrélations entre des pixels voisins, inutile dans ces cas de coder intégralement chacun de ces points.

- les redondances temporelles (inter-images) : dans une séquence vidéo, les images successives sont pratiquement identiques, si ce n'est les points qui sont en mouvement. On ne codera que ces déplacements.
- les redondances subjectives (vision des détails fins) : compresser, c'est pondérer ce qui est plus ou moins visible par l'œil et ne pas coder ce qui n'est pas visible.
- Redondance statistique : Cette redondance s'applique aux codes eux-mêmes. Certains sont plus employés que d'autres, on leur réservera alors les mots les plus courts Cette opération est dite codage entropique et n'entraîne aucune perte.

## II.8 Echantillonnage du signal vidéo

Il a été décidé de numériser des données communes à tous les pays. C'est donc logiquement la numérisation des composantes Y, Cr, Cb qui a été retenue. Selon la convention adoptée [26].

- 4:2:2 la luminance est échantillonnée à 13,5 MHz, les deux composantes de chrominance à 6,75 MHz.
- 4:1:1 La luminance est échantillonnée à 13,5 MHz, mais les composantes de chrominance sont échantillonnées à 3,375 MHz (soit  $\frac{1}{4}$  de la luminance).
- 4:2:0 Luminance échantillonnée à 13,5 MHz, chrominance à 6,75 Mhz mais une ligne sur deux.
- 4:4:4 Toutes les composantes sont échantillonnées à 13,5 MHz. Ce type de codage est employé par les stations graphiques.

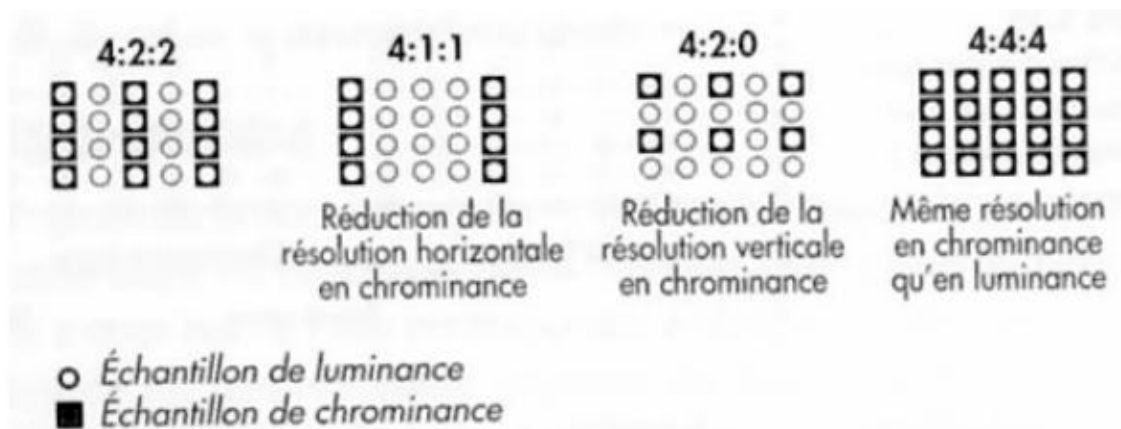


Figure II.6 Echantillonnage couleur.

Ces nombres représentent le rapport entre la fréquence d'échantillonnage de la luminance et des composantes de chrominance. A l'origine, les normes 4:\*:\* spécifiait une quantification sur 8 bits des composantes du signal vidéo, ce qui permet de disposer de 256 niveaux possibles.

Par la suite, pour les productions haut de gamme, la norme a évolué vers le 10 bits, ce qui permet 1024 niveaux.

## II.9 La Quantification

La quantification est le deuxième procédé du système de numérisation. Elle a pour objectif de faire correspondre chaque amplitude échantillonnée à un nombre entier indiqué en base 2, n chiffres permettent de coder  $N = 2^n$ , dans cet état, comme n égale à 3 bits, le nombre de niveaux possibles est de 8 (8 en comptabilisant le 0) [19].

Dans cette étape le signal analogique qui peut prendre une infinité des valeurs, est converti en un signal constitué d'un nombre fini de valeurs numériques. Des erreurs d'arrondis par défaut ou par débordement sont alors inévitables parce que plusieurs valeurs proches mais différentes, correspondra une seule valeur binaire. La précision du signal converti sera donc directement liée au nombre des valeurs disponibles.

## II.10 Les codecs vidéo [19] [21] [24][27]

Un codec vidéo permet de coder une image ou une séquence vidéo source sous une forme compressée et la décode pour achever une copie ou une approximation de la séquence source ; Si la séquence vidéo décodée est identique à l'original, le processus de codage est sans perte; Si la séquence décodée diffère de l'original, le processus est à perte.

Le CODEC représente la séquence vidéo originale par un modèle, le modèle devrait représenter la séquence en utilisant le moins de bits possible et avec la plus grande fidélité possible. Ces deux objectifs, l'efficacité de la compression et la haute qualité, sont généralement contradictoires, c'est-à-dire qu'un débit binaire compressé inférieur produit typiquement une qualité d'image réduite au niveau du décodeur. Un encodeur vidéo est constitué de trois unités fonctionnelles principales: un modèle de prédiction, un modèle spatial et un codeur entropique

Le décodeur vidéo reconstruit une trame vidéo à partir du train de bits compressé. Les coefficients et les paramètres de prédiction sont décodés par un décodeur entropique après quoi le modèle spatial est décodé pour reconstruire une version de la trame résiduelle. Le décodeur utilise les paramètres de prédiction, conjointement avec des pixels d'image précédemment décodés, pour créer une prédiction de la trame courante et la trame elle-même est reconstruite en ajoutant la trame résiduelle à cette prédiction.

## II.11 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 [19], [21]

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 [28].

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. Les images P se situent à intervalle régulier et les images B complètent ces intervalles. On définit ce motif de sous-GOP. Quelques codecs vidéo permettent plus d'une image I dans un GOP [29]. Le schéma ci-dessous décrit la structure d'un GOP dont le sous-GOP est composé d'une image P et de deux images B:

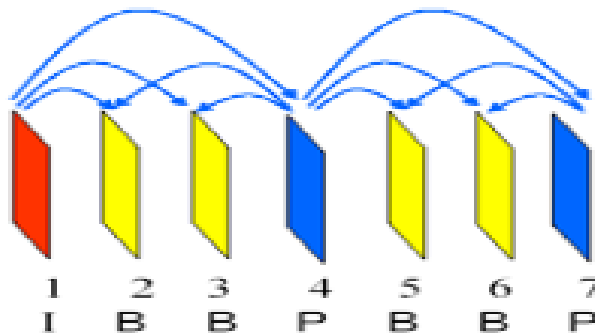


Figure II.7 Structure d'un GOP dans un codec vidéo

## II.12 Les normes de compression vidéo

### II.12.1 JPEG [30]

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. Mais chaque fabricant a développé son propre format dérivant du JPEG. 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.

### **II.12.2 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[21], rendant les CD vidéo, télévision numérique par câble et satellite et diffusion audio numérique (DAB) possible[31] [21]. 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 [32]

### **II.12.3 MPEG-2 [21] [32] [33]**

Créé en 1994, il reprend les techniques de bases du MPEG-1. D'un autre côté, la qualité d'image est nettement supérieure puisqu'elle s'étend de la vidéo standard (3 à 10 Mbps à la haute définition 300 Mbps). La norme MPEG-2 est utilisée par tous les opérateurs de télévision numérique. Comme la norme MPEG-1, MPEG-2 a un codage inter-image, les systèmes MPEG (1 et 2) effectuent leur traitement sur des GOP.

La norme MPEG-2 est conçue pour couvrir toutes les applications de diffusion d'images et de sons par satellite, par câble et par voie terrestre, ainsi que les supports tels que les DVD. Cette norme a ensuite été mis au point pour des applications de diffusion en production et post-production, édition, ... etc.

Par rapport à la norme MPEG-1, MPEG-2 a pour différences :

- Support de formats d'image de qualité supérieur (jusqu'à la HD)

- Traitement de balayage entrelacé (50 trames/s) et du balayage progressif (50 images complètes/s)
- Compatibilité avec le MPEG-1 c'est à dire un décodeur MPEG-2 peut décoder un signal MPEG-1.

Cependant la norme MPEG-2 se décrit seulement les outils de compression des données ainsi que la syntaxe du signal. La technique employée dans le codeur est créée par le constructeur et peut constamment évoluer. La qualité de l'image dépend donc aussi de la qualité du codeur et du décodeur.

#### **II.12.4 H.261**

La norme H.261 est une ITU-T 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 (Video Coding Expert 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  $704 \times 576$  luminance et une résolution de  $352 \times 288$  chrominance (qui a été ajouté dans une révision ultérieure en 1993). Les images peuvent être codées I ou P mais pas B [19].

#### **II.12.5 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+ [35]. La dernière version de H.263 (2000) appelé H.263++ [34] 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...).

### **II.12.6 H.264 : 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[36] [19].

MPEG-4 est une méthode de la compression des données numériques audio et vidéo. Il a été introduit à la fin de 1998 et a désigné une norme pour un groupe de formats de codage audio et vidéo et de technologie connexe convenus par le Groupe d'experts des images animées (MPEG) ISO / CEI (ISO / IEC JTC1 / SC29 / WG11). ISO / CEI 14496 [19]. 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 Video Coding.

Le JVT a ensuite travaillé sur le concept d'extensibilité en élaborant une extension à la norme H.264: les spécifications Scalable Video Coding (SVC), puis sur la norme HEVC.

## **II.13 Conclusion**

Ce chapitre examine la structure et les caractéristiques des signaux vidéo et introduit des concepts fondamentaux tels que les formats d'échantillonnage et les méthodes de compression vidéo ainsi que les normes et les codecs vidéo.

Ces normes peuvent dorénavant se déployer sur différentes plateformes technologiques universelles et interopérables, répondant ainsi à une multitude d'applications et de besoins en termes de production et de diffusion de contenus vidéo numérique.

# ***CHAPITRE III***

---

## ***High Efficiency Video Coding***

---

### III.1 Introduction

Aujourd'hui, La compression de donnée est un outil plus utile pour réduire la taille des fichiers. Lorsque les images, les sons ou les vidéos sont compressés, les données redondantes sont supprimées pour réduire la taille du fichier. Ceci est très utile lors de la diffusion, stockage et du téléchargement de fichiers [37].

### III.2 La compression

La compression est l'opération de réduire la taille des données par modification de leur codage. On distingue la compression sans perte, ou compactage, adaptée aux fichiers alphanumériques, et la compression avec perte pour les fichiers multimédias pour lesquels les pertes d'information sont estimées non gênantes pour les organes sensoriels humains.

Le mot compression est employé dans différents domaines:

- En informatique, la compression de données est un processus qui permet de diminuer la taille des fichiers; certaines applications sont plus approfondies :
  - La compression d'image ;
  - La compression vidéo ;
  - La compression de données audio ;
  - La compression de mémoire virtuelle ;
  - La compression de disque dur [38]

L'objectif de la compression des données est de représenter une source d'information aussi précisément que possible en utilisant le plus petit espace de stockage.[39]. La compression de la vidéo numérique c'est de prendre moins d'espace de stockage et de bande passante de transmission [40].

### III.3 La codage vidéo

Le codage vidéo est le processus de compression et de décompression d'un signal vidéo numérique.

Les technologies de compression vidéo sont en train de réduire et de supprimer les données vidéo redondantes afin qu'un fichier vidéo numérique puisse être envoyé efficacement sur un réseau et stocké sur des disques d'ordinateur. Avec des techniques de compression efficaces, une réduction significative de la taille du fichier peut être obtenue avec peu ou pas d'effets néfastes sur la qualité visuelle.

La qualité de la vidéo, cependant, peut être affectée si la taille du fichier est encore abaissée en augmentant le niveau de compression pour une technique de compression donnée [41].

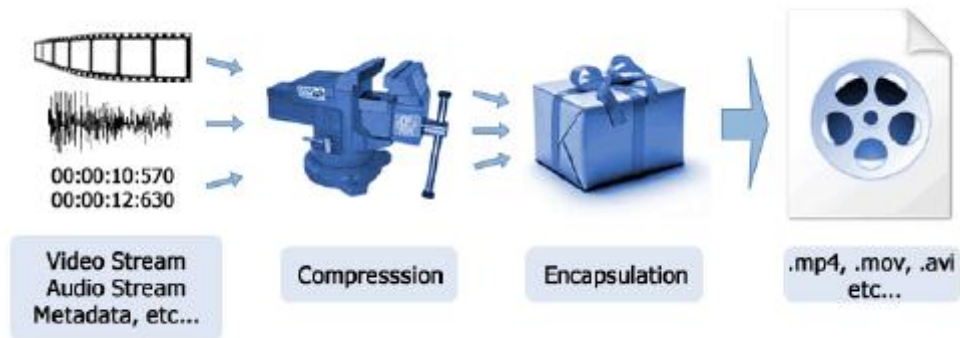


Figure III.1: La transmission des vidéos.

### III.4 H265/ HEVC (High Efficiency Video Coding)

La norme de codage vidéo haute efficacité (HEVC) est le plus récent projet vidéo commun du Groupe d'experts du codage vidéo ( VCEG ) et des organisations de normalisation MPEG (ISO / IEC ), travaillant ensemble dans un partenariat connu sous le nom de L'équipe collaborative conjointe sur le codage vidéo . Il prend en charge les résolutions jusqu'à  $8192 \times 4320$ , y compris 8K UHD

HEVC a été développé dans le but de fournir deux fois l'efficacité de compression de la norme précédente, H.264 / AVC. Bien que les résultats d'efficacité de la compression varient en fonction du type de contenu et des paramètres du codeur, à des débits binaires de distribution vidéo typiques du consommateur, HEVC est généralement capable de compresser la vidéo deux fois plus efficacement qu'MPEG 04-AVC [42]

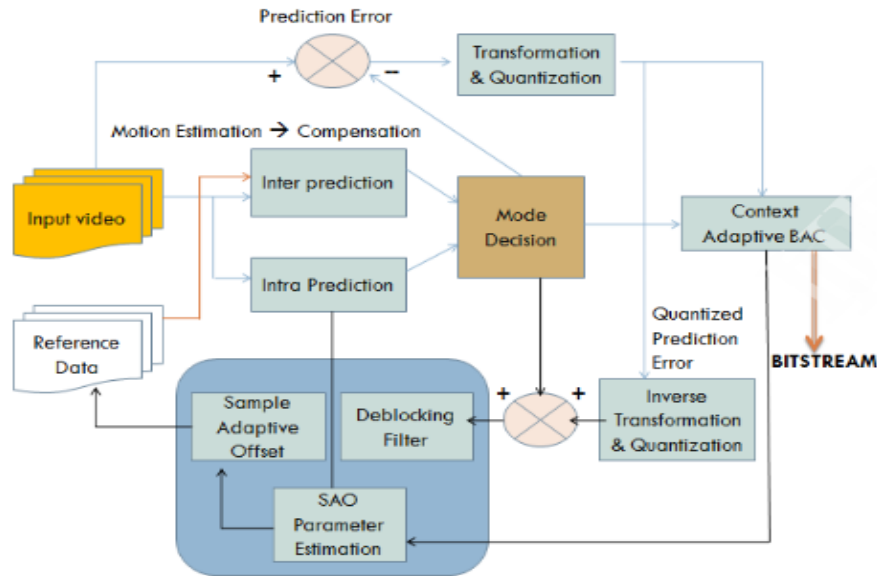


Figure III.2 : Schéma de principe du Coder HEVC.

### III.5 Objectifs de HEVC

Le HEVC a pour but d'améliorer significativement la compression vidéo par rapport à son prédécesseur le MPEG-4 AVC. En effet, l'objectif est de réduire le débit nécessaire de moitié, à qualité équivalente. Ces progrès nécessitent l'utilisation d'algorithmes plus complexes bien que l'accroissement de la complexité ait été limité tout au long de la normalisation. Le mode opératoire présente de fortes similitudes avec ce qui se fait pour le format DjVu.

La norme HEVC est utilisée pour la prochaine génération de système de compression. Bien que le mode principal de codage vidéo soit le mode progressif, le mode vidéo entrelacé pourra également être utilisé. Le HEVC supporte toutes les définitions d'image usuelles. Il prévoit également le support de cadences d'images plus élevées, pouvant atteindre 100, 120 ou 150 images par seconde [43].

Le HEVC, conçu pour faire avancer l'industrie de la compression vidéo, vise à:

- Fournir une réduction moyenne 50% pour une qualité vidéo fixe par rapport à H.264.
- Fournir une qualité supérieure avec le même débit binaire.
- Définir une syntaxe standard pour simplifier le déploiement et maximiser l'interopérabilité.
- Continuer à favoriser la mise en réseau, à savoir, dans les flux de transport MPEG.[44]

La figure suivante présente Les avantages que l'on peut tirer du codec H.265/HEVC ou MBEG-H)



Figure III.3 : Les avantages du codec Hvc/H.265.

## III.6 Profils

La norme HEVC définit trois profils : le profil principal « Main profile », avec des vidéos codées en 8 bits 4:2:0, le profil « Main 10 », garantissant une profondeur de couleur de 10 bits, et le profil « Main Still Picture ». Le profil Main Still Picture permet le codage d'une seule image fixe en utilisant les mêmes contraintes que le profil Main profile. En tant que sous-ensemble du profil Main profile, le profil Main Still Picture offre une profondeur de couleur sur 8 bits avec une colorimétrie échantillonnée en 4:2:0.

### III.6.1 Le profil principal « Main profile »

Le profil principal permet une profondeur de couleur de 8 bits par échantillon avec sous-échantillonnage de la chrominance 4:2:0, qui est le type le plus commun de la vidéo avec des appareils grand public.

### III.6.2 Le profil « Main 10 »

Le Main 10 permet une profondeur de couleur de 8 bits à 10 bits par échantillon avec sous-échantillonnage chroma 4:2:0.

### III.6.3 Le profil « Main Still Picture »

Le profil Main Still Picture est destiné, comme son nom l'indique, à une image fixe. Une comparaison des performances de la compression d'image a été faite en janvier 2013 en utilisant le codec HEVC HM 8.0rc2 [45].

### III.7 La différences entre H.265/HEVC et H.264 /MPEG 4-AVC

Catégorie	H.264	H.265
Noms	MPEG 4 Part 10 AVC (introduit en 2004)	MPEG-H, HEVC, Partie 2 (Approuvé en janvier 2013)
Amélioration clé	- Réduction de 40 à 50% du débit binaire par rapport au MPEG-2 - Conduite de la croissance de la diffusion de contenu HD pour la diffusion et en ligne	40-50% la réduction du débit binaire à la même qualité visuelle par rapport à H.264 - Possibilité de réaliser UHD, 2K, 4K pour la diffusion et en ligne
Adoption de l'industrie	Codec vidéo dominant et accepté pour la diffusion Terrestre, Câble, Satellite et IPTV. Largement utilisé sur Blu-Ray, les systèmes de sécurité, la vidéoconférence, la vidéo mobile, les lecteurs multimédias, le chat vidéo, etc.	Démonstration de la mise en œuvre à partir de 2012 par des sociétés telles que ATEME, Broadcom, Thomson, Harmonic (Cisco), Ericsson, Qualcomm etc. R & D accrue pour les solutions logicielles et matérielles.
Spécification	Jusqu'à 4K (4 096 × 2 304 ) Supporte jusqu'à 59,94 fps 21 profils; 17 niveaux	Jusqu'à 8K UHD TV (8192 × 4320) Prend en charge des profils approuvés jusqu'à 300 fps, projet pour 5 supplémentaires; 13 niveaux
Progression	Successeur de la partie MPEG-2	Successeur de MPEG 4 AVC, H.264
Désavantages	Non réaliste pour la livraison de contenu UHD en raison des exigences de débit élevé. Prise en charge du débit d'images restreint à 59,94	Calcul coûteuse (~ 300% +) en raison de plus grandes unités de prédiction et d'estimation de mouvement coûteuse.

Tableau III.1 La différence entre H.265 (HEVC) et H.264.

### III.8 Le logiciel de référence du standard HEVC (HM)

Le logiciel de référence pour HEVC s'appelle HM (HEVC Test Model). HM est un logiciel libre avec une bibliothèque sous forme de code source permettant de coder des vidéos à l'aide de la norme de codage vidéo à haute efficacité (HEVC / H.265). Il est maintenu dans un référentiel Subversion.

1. Codec HEVC TAppEncoder.exe. Comme pour H.264, , il faut ouvrir un fenêtre de commandes.
2. Les paramètres du codeur HEVC doivent être modifiés dans un premier fichier, dans notre cas **encoder\_lowdelay\_main.cfg**. Le fichier peut être modifié dans un éditeur de texte.
3. Lancez **TAppEncoder.exe -c encoder\_randomaccess\_main.cfg -c video.yuv** pour effectuer le codage.
4. Le fichier décodé sera disponible sous par exemple **rec\_video.yuv**.

### III.9 Le fonctionnement de H.265/hevc compression vidéo

La norme H.265 reprend les grands principes du H.264 tout en y apportant plusieurs améliorations. On y retrouve d'abord un algorithme de compression vidéo de redondance temporelle, travaillant par définition sur la similarité des images dont une même séquence se compose. On parle d'un algorithme de prédiction inter-trame, ou prédiction temporelle. Elle consiste à profiter des redondances temporelles d'une séquence filmée, c'est-à-dire profité du fait que les images successives qui constituent une même séquence se ressemblent pour n'encoder que ce qui les différencie.

Pour cela, on définit une séquence d'images dénommée « Group of Pictures » ou GOP. On enregistre la première image de ce groupe comme une image clef de référence. On parle alors de keyframe ou d'I-frame. On divise en supplément cette image en petits blocks de pixels (macroblocks). Et c'est à l'intérieur de ces blocks que l'on va effectuer une estimation des mouvements. Ici, l'image qui suit la keyframe, que l'on appelle P-frame, va être reconstruite grâce aux vecteurs de mouvements. L'image suivante est une B-Frame. Elle est prédite de façon bidirectionnelle, par la P-Frame précédente et l'I-Frame suivante

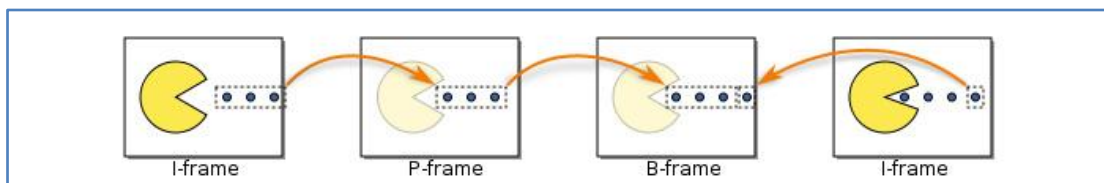


Figure III.4: Groupe d'images (Group of pictures).

Ce principe de prédiction temporelle introduit bien sûr des imperfections. Elles sont appelées résidus. Ces résidus seront plus ou moins importants selon le bitrate choisi et la taille du fichier.

Outre un algorithme de redondance temporelle, le H.265/Hevc et son prédécesseur travaillent également sur la redondance spatiale, c'est-à-dire sur l'homogénéité des régions dont les

images se composent. On parle ici de codage intra-frame.. On note simplement que le H.265/Hevc travaille sur des blocks de tailles variables avec une précision de l'estimation de mouvement allant jusqu'au quart de pixels. Le H.265/Hevc permet également de compresser de manière efficace les coefficients résiduels (CABAC) et de repérer de façon optimale les redondances spatiales sur les blocs voisins.[46].

### III.10 Le codeur x265 du Codec vidéo H.265

x265 est une implémentation open source à financement commercial de la norme de compression HEVC . Le projet x265 est dirigé par MulticoreWare , un fournisseur de premier plan de bibliothèques de logiciels vidéo hauts performance. Le projet compte également plusieurs sociétés commanditaires dont les généreuses contributions ont permis au projet d'exister.

x265 est une bibliothèque d'applications de codeur vidéo H.265 / HEVC, conçue pour coder une vidéo ou des images dans un flux binaire codé H.265 / HEVC [47]. x265 permet de:

- Développer le meilleur encodeur vidéo H.265/HEVC au monde
  - Offrir la qualité la plus élevée possible à un débit donné
  - Offrir le débit le plus bas possible pour un niveau de qualité donné
- Fournissez le codeur HEVC le plus rapide et le plus efficace au monde en termes de calcul
- Vitesse de codage maximale pour toute configuration matérielle
  - Qualité visuelle optimale, que vous effectuiez un codage hors ligne de haute qualité ou un codage en temps réel à grande vitesse
- Fournit les fonctionnalités de codec HEVC à la pointe de l'industrie, prenant en charge la norme HEVC complète, y compris les extensions de gamme
- Adoptez une large adoption de la part de la communauté open source, des principaux services de vidéo Web, des développeurs d'encodeurs de diffusion, des développeurs de logiciels indépendants, des développeurs de matériel vidéo et de logiciels, des fabricants d'appareils, des fabricants de semi-conducteurs et des universitaires.
- Fournir le meilleur soutien possible aux développeurs, titulaires de licence et adoptants.[48]

### III.11 La différence entre X265 et HM

La norme H.265 / MPEG-HEVC est la dernière norme en matière de codage vidéo. Elle permet d'augmenter l'efficacité du codage d'environ 50% par rapport à son prédécesseur,

H.264 / MPEG-AVC. Depuis que H.265 / MPEG-HEVC a été conçu pour remplacer presque tous les codecs H.264 / MPEG-AVC existants, le codage vidéo haute résolution au-delà de la haute définition (4K, 8K, etc.) a davantage attiré l'attention. Par ailleurs, il est bien connu que la mise en œuvre de référence du codec HEVC, HM, joue un rôle important lors de la normalisation, en particulier pour l'évaluation des performances de distorsion du débit de différents outils. Cependant, HM est loin d'être un codec pratique en raison de la vitesse de codage très lente, même sur les ordinateurs multi cœurs modernes. Jusqu'à présent, à l'exception de HM, peu de comparateurs sont connus à la fois sur les performances de codage et sur la vitesse de codage des codeurs HEVC pratiques pour les séquences vidéo haute résolution. Pour résoudre ce problème, le présent document procède à une évaluation complète des derniers encodeurs H.265 / MPEG-HEVC hautes performances, y compris l'encodeur open source-x265 et l'encodeur commercial-DivX265, sur la base de paramètres par défaut et d'une nouvelle base de données vidéo. En outre, les dernières versions HM et x265 sont également incluses pour les ancrages de performance. Les résultats expérimentaux montrent que DivX265 permet une économie de débit moyen de 4,79% par rapport à HM, tandis que x265 avec pré-réglage par défaut permet une réduction moyenne de 3,21% en termes d'économie BD-BR. En outre, différents pré-réglages x265 permettent de faire un bon compromis entre vitesse de codage et performances R-D, tandis que DivX265 est presque aussi rapide que le pré-réglage x265 ultra-rapide. Nous pensons que ces informations d'évaluation auraient pu fournir une image plus complète des codeurs H.265 / MPEG-HEVC à la pointe de la technologie[49]

## **III.12 La plateforme FFmpeg**

### **III.12.1 Présentation de FFmpeg**

FFmpeg est un logiciel open source qui peut enregistrer, lire ou convertir un flux numérique, audio ou vidéo. Il est développé sous Linux, mais il peut être compilé sur la plupart des systèmes d'exploitation, notamment Windows. Le projet ffmpeg est hébergé par Source Forge ([ffmpeg.sourceforge.net/](http://ffmpeg.sourceforge.net/)).

### **III.12.2 Fonctionnement**

FFmpeg fonctionne en ligne de commande. Ce mode de fonctionnement fait reculer la majorité des utilisateurs. Il existe des interfaces graphiques pour FFmpeg notamment WinFF, encoder et plein d'autres. Sans que vous le sachiez, vous utilisez peut-être un logiciel de conversion vidéo qui utilise FFmpeg. En effet, la majorité des applications de transformation vidéo graphiques utilise FFmpeg en outil de conversion. Mais en graphique, certaines options semblent

limitées. Pour iPod, iPhone, iPad, DVD, Blu-Ray, ou appareils mobiles, grâce à la ligne de commande, toute la puissance des options vidéo est exploitée, et la conversion est plus rapide qu'avec les logiciels graphiques.

### III.12.3 Utilisation de FFmpeg

#### – Conversion de fichiers vidéo et audio

FFmpeg permet de convertir les formats de fichiers vidéo et audio. Il décode et encode un très grand nombre de formats. On retrouve notamment les formats vidéo AVI, les différents MPEG, QuickTime ou YUV, les formats audio WAV et mp3, mais aussi des formats d'image comme JPEG ou GIF.

La commande pour convertir est intuitive: L'option '-i' permet de spécifier le fichier source. Cet exemple convertit un AVI en MPG:

```
ffmpeg -i test.avi out.mpg
```

Il est également possible de générer de la même manière des gif animés (non compressés) à partir d'une vidéo :

```
ffmpeg -i test.avi out.gif
```

De même pour les fichiers audio: ici un WAV est convertit en mp3 à 22050 Hz:

```
ffmpeg -i test.wav -ar 22050 out.mp3
```

#### – Combinaison entre fichiers audio et fichiers vidéo

Sur le même modèle que la conversion de fichier, il est possible de fusionner un fichier audio et un fichier vidéo pour créer une vidéo avec une piste sonore:

```
ffmpeg -i son.wav -i video.yuv out.mpg
```

A l'inverse, on peut aussi extraire le flux audio d'un fichier vidéo:

```
ffmpeg -i test.avi out.mp3.[07]
```

### **III.13 Conclusion**

Le HEVC est un format plein de promesses. Il est d'une efficacité redoutable. Son exploitation va être bénéfique dans de nombreux domaines d'applications. Il est compatible SD, HD, Full-HD, 2K, 4K, 8K et HFR (High Frame Rate). Sous ses différents profils, il gère les échantillonnages couleurs 4.2.0, 4.2.2, 4.4.4 avec une possibilité d'encodage lossless (sans aucune perte de compression). Il sera certainement au cœur des modes de consommation audiovisuel de demain [51].

# ***CHAPITRE IV***

---

## ***Analyse des performances et résultats***

---

## IV.1 Introduction

Il est important de comprendre comment les paramètres FFmpeg ou le HM influencent sur la qualité de la vidéo. En général, plus le bitrate est haut, plus la qualité sera au rendez-vous. Avec un même bitrate aussi, la vidéo en H265 sera de bien meilleure qualité qu'une vidéo avec son prédécesseur H264. Dans ce chapitre. On va s'intéresser à ce paramètre avec deux encodeurs x265, et HM, les plus répandus, ainsi que les différentes options qui s'offrent à nous pour pouvoir manipuler correctement la compression vidéo avec ce codec [51].

## IV.2 L'objectif

L'objectif de notre travail est d'utiliser le bitstream pour estimer la qualité des données HEVC vidéo codées. L'estimation prend en compte les caractéristiques de mouvement extraites de données codées bitstream. Ces fonctionnalités incluent le vecteur de mouvement (MV) et les paramètres de quantification (QP) et des informations liées au nombre de bits utilisés pour la trame vidéo. Le QP régleme combien les détails spatiaux sont enregistrés lors du codage et sont considérés comme le principale paramètre de qualité du codage déterminant. Un QP accru se traduit par une agrégation de détails et une baisse de la fréquence d'encodage et débit, qui pouvant entraîner une dégradation de la qualité vidéo.[52]

## IV.3 Paramètre de quantification (QP)

Le paramètre de quantification (QP) a un impact très important sur le taux de compression en Hevc /H265, nous montrons que pour obtenir un codage de contrôle de débit efficace, une bonne estimation du paramètre QP initial est nécessaire. Une modification importante de cette valeur, afin de conserver le titrage requis, entraîne une fluctuation importante de la qualité de l'image et diminue la qualité moyenne de la séquence codée entière. Une méthode simple et rapide pour déterminer la valeur initiale de QP pour chaque séquence vidéo. Les résultats expérimentaux montrent une qualité d'image stabilisée et un gain significatif en PSNR. [53]

## IV.4 Constant Rate Factor (CRF)

Le facteur de taux constant, est le paramètre de qualité (et de contrôle du débit) par défaut pour les encodeurs x264 et x265 . Il est également disponible pour libvpx . Avec x264 et x265, vous pouvez définir des valeurs comprises entre 0 et 51, où des valeurs plus faibles entraîneraient une meilleure qualité, au détriment de la taille des fichiers. Des valeurs plus élevées signifient plus de compression, mais vous remarquerez à un moment donné la dégradation de la qualité.

Avec FFmpeg, cela ressemblerait à ceci:

```
ffmpeg -i input.mp4 -c:v libx264 -crf 23 output.mp4
```

Pour x265, le CRF par défaut est 28:

```
ffmpeg -i input.mp4 -c:v libx265 -crf 28 output.mp4
```

Pour libvpx, il n'y a pas de valeur par défaut et le format CRF peut être compris entre 0 et 63.

31 est recommandé pour la vidéo HD 1080p:

```
ffmpeg -i input.mp4 -c:v libvpx-vp9 -crf 31 -b:v 0 output.mkv
```

Vous devez utiliser principalement le codage CRF pour le stockage de fichiers hors connexion, afin de réaliser les codages les plus optimaux. Pour d'autres applications, d'autres modes de contrôle du débit sont recommandés. Dans le streaming vidéo, par exemple, le format CRF peut être utilisé dans un mode contraint / limité pour éviter les pointes de débit. [51] [ 54]



### Choisissez une valeur de CRF :

La plage de l'échelle CRF va de 0 à 51, 0 étant sans perte, 23 par défaut et 51 de qualité médiocre. Une valeur inférieure conduit généralement à une qualité supérieure et une plage subjectivement saine est comprise entre 17 et 28.; il devrait ressembler ou presque à l'entrée, mais il n'est pas techniquement sans perte.

La plage est exponentielle. Par conséquent, si vous augmentez la valeur CRF de +5, vous obtenez environ la moitié du débit binaire / de la taille du fichier, tandis que -5 entraîne environ le double du débit binaire.

Choisissez la valeur CRF la plus élevée tout en offrant une qualité acceptable. Si la sortie semble bonne, essayez une valeur plus élevée. Si cela semble mauvais, choisissez une valeur inférieure.

L'échelle de quantification CRF 0–51 mentionnée s'applique uniquement à 8 bits x265. Lorsqu'elle est compilée avec le support 10 bits, l'échelle de quantification de x265 est comprise entre 0 et 51. Vous pouvez voir ce que vous utilisez en consultant la sortie de la console FFmpeg lors de l'encodage. Le 8 bits est plus courant chez les distributeurs.[55]

## IV.5 Méthodes d'évaluation

Les méthodologies utilisées pour l'évaluation de la qualité vidéo sont généralement divisées en quatre étapes [31], comme le montre la figure IV.3.

1. Sélection de vidéos de références.
2. Création de vidéos endommagées.
3. Évaluation des vidéos endommagées par les utilisateurs.
4. Évaluation statistique des vidéos endommagées.

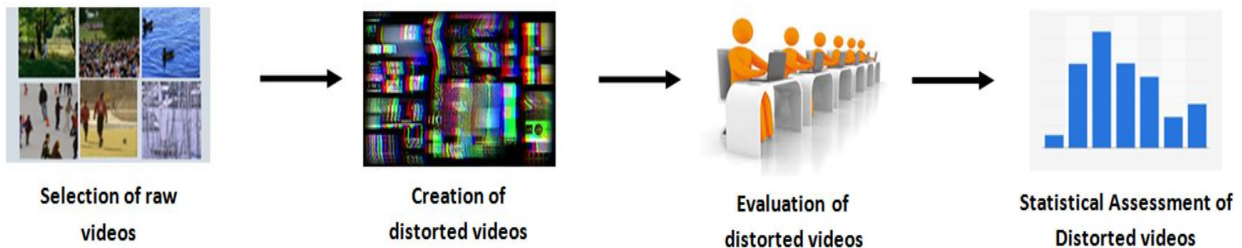


Figure IV.1 Diagramme d'évaluation typique de la vidéo.

Les vidéos de références ne sont pas codées par aucun type de compression. Les résolutions spatiales couramment utilisées vont du CIF (352 x 288) à la HD (1280 x 720 et 1920 x 1080), récemment, à la Ultra HD (3840 x 2160) jusqu'à 8K.

Une vidéo de référence est comparée image par image avec la vidéo déformée pour obtenir une mesure de la qualité vidéo qui prend en compte plusieurs aspects. Ces aspects comprennent le traitement de la couleur, le masquage spatio-temporel, le contraste perçu et l'adaptation à une luminance, une couleur spécifique et/ou à la sensibilité au contraste [33].

#### IV.6 Le PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)

Dans ce travail, lors du traitement des vidéos, nous avons principalement utilisé le PSNR. Ainsi, le PSNR est une évaluation objective de la qualité la plus utilisée ; il effectue une comparaison pixel par pixel entre la référence et le contenu déformé, ce dernier pouvant être presque mappé sur MOS (mean opinion score) en utilisant le tableau V.1 [56]

PSNR(dB)	MOS
> 37	Excellent
31-37	Good
25-31	Fair
20-25	Poor
< 20	Bad

Tableau IV. 1 Conversion PSNR en MOS.

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

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

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

Les mesures de base de la similarité locale reposent sur la différence en pixels entre la cible I de la source de la publicité et l'image k de taille m×n

$$0 \leq i \leq M-1$$

$$0 \leq j \leq N-1$$

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.

#### IV.7 Le bitrate

Le bitrate, c'est la quantité de donnée sur une seconde. Plus le bitrate est haut, meilleur est la qualité de la vidéo et plus importante sera la bande passante pour lire la vidéo et par conséquent la taille du fichier. Une vidéo sur You Tube en 1080p est habituellement à 8Mbps, un DVD à 6Mbps... etc. Choisir le bon bitrate, c'est choisir la bonne compression de la vidéo, en minimisant la perte [51].

#### IV.8 L'importance de mouvement

L'œil humain perçoit plus de détails dans les objets immobiles que lorsqu'ils sont en mouvement. De ce fait, un encodeur vidéo peut appliquer davantage de compression (déposer plus de détails) lorsque les choses bougent et appliquer moins de compression (conserver plus de détails) lorsque les choses sont immobiles [51].

#### IV.9 Les métriques de qualité vidéo

Si vous ne disposiez que de moyens simples pour comparer la qualité des séquences vidéo (par exemple, sur la base d'une mesure du rapport signal sur bruit image par image, PSNR), vous pouvez envisager un codage CRF et dire qu'il est de qualité inférieure à celle du QP. Une variante. Mais si vous êtes un être humain, subjectivement, la copie de CRF aura un aspect égal ou supérieur à celui de la version QP. Cela compresse le moins les parties où vous voyez le plus de

détails, et la plupart des parties où vous voyez le moins de détails. Cela signifie que si la qualité moyenne objectivée par le PSNR diminue légèrement, la qualité vidéo perceptible augmente [9].

Pour évaluer les performances des métriques de qualité vidéo en tenant compte des paramètres de quantification [57]. Différents groupes de recherche rendent les vidéos brutes disponibles sur leurs sites Web.

Les vidéos de test de différents contenus caractérisées par une grande étendue d'informations spatiales et temporelles, différents contextes, températures, mouvements, couleurs et les mouvements de la caméra... etc.

Parmi eux, cinq vidéos, City, Crew, Foreman, CROWDRUN, CROWDRUN (HD) disponibles sur [58], avec une résolution spatiale différente comme indiqué dans le tableau IV.2.

Les séquences vidéo non comprimées ont trois éléments (YUV), nous devons entreprendre l'échantillonnage de ces trois composantes en même temps, avec un échantillonnage de couleur YUV 4:2:0, avec 8 bits par échantillon. Le tableau IV.2 et la figure IV.2 présentent les caractéristiques des séquences vidéo de tests obtenus et les échantillons des trames extraites de chaque séquence vidéo.

Vidéos	Résolution (Pixels)	Frame Rate (fps)	Frames
City	176×144	15	150
Crew	176×144	15	150
Foreman	176×144	15	150
Crowdrun	704 x 576	25	250
Crowdrun HD	1920×1080	25	250

Tableau IV.2 Séquences vidéo originales avec résolution, fréquence image (fps)



City



Crew



Foreman



CROWDRUN



CROWDRUN (HD)

Figure IV.2 Echantillons de vidéos de test.

## IV.10 Analyse des performances des H.265/HEVC

### IV.10.1 Paramètres de configuration

L'outil que nous utilisons pour coder les séquences vidéo brutes est l'encodeur HEVC/H.265 de référence, à savoir la plateforme HM 16.11 et x265 sous la plateforme FFmpeg. Le type de contenu vidéo défini selon les différentes séquences vidéo est utilisé avec différentes valeurs de QP (dans le cas de HM16.11) et CRF (dans le cas de x265) pour modéliser l'impact du processus de codage HEVC comme indiqué sur la figure IV.3. Les séquences vidéo ont été codées à l'aide de la gamme de QP et CRF complète (de 10 à 42 avec un pas de 5) [22] [59].

- Initialement, les séquences de test sont codées avec HM16.11 et x265.
- Les métriques considérées sont les suivantes: PSNR, débit binaire, temps d'encodage.
- La QP et CRF varient de 10 à 42 avec un pas de 5.
- le codeur HEVC / H.265 a été appliqué à chaque vidéo brute. Du côté décodeur, la vidéo est reconstruite à partir de bitstream avec le décodeur HEVC / H.265.

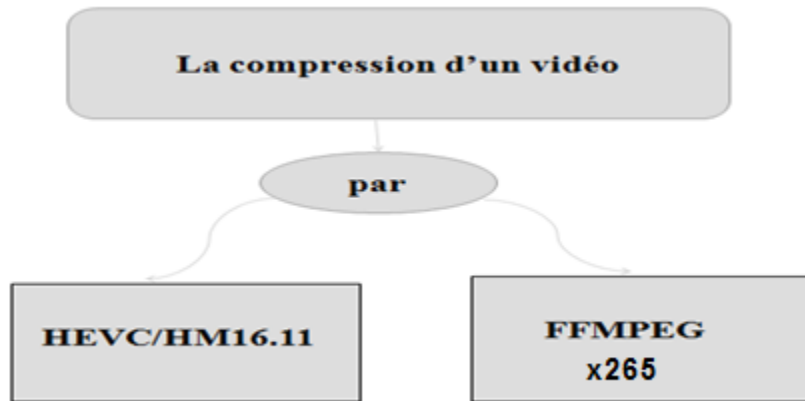


Figure IV.3 : Les deux encodeurs utilisés pour la compression vidéo.

## IV.11. Simulations, résultats et discussions

### IV.11.1 Analyse des performances des H.265/HEVC avec HM 16.11

Les figures IV.4 - IV.8 montre les graphiques du PSNR, du bitrate et du temps d'encodage selon la valeur de QP avec un codeur HEVC respectivement. Les tableaux IV.3 et IV.4 présentent les valeurs de PSNR, du bitrate et du temps d'encodage des vidéos en fonction de QP pour chaque vidéo.

#### Séquence City:

City	QP=10	QP=17	QP=22	QP=27	QP=32	QP=37	QP=42
Temps [s]	903.467	692.528	592.584	485.226	462.697	422.173	314.918
Bitrate [kb /s]	5158.8240	1975.3440	1008.6400	487.3680	229.5920	110.0080	51.1440
PSNR [dB]	49.4021	43.7986	40.1700	36.4001	32.9602	30.0185	27.5588

Tableau IV.3 :L'impact de la QP sur la séquence vidéo (city)

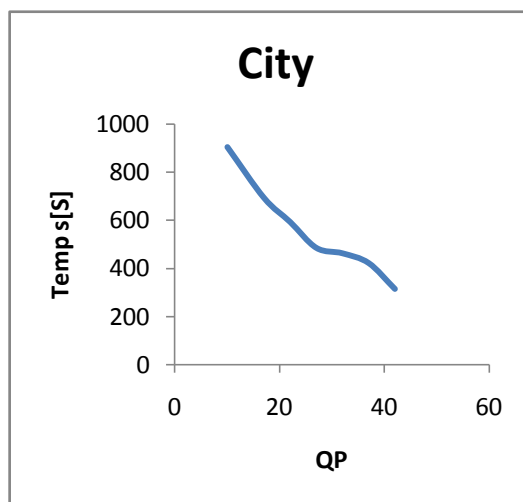


Figure IV.4(a): l'impact de QP sur le temps.

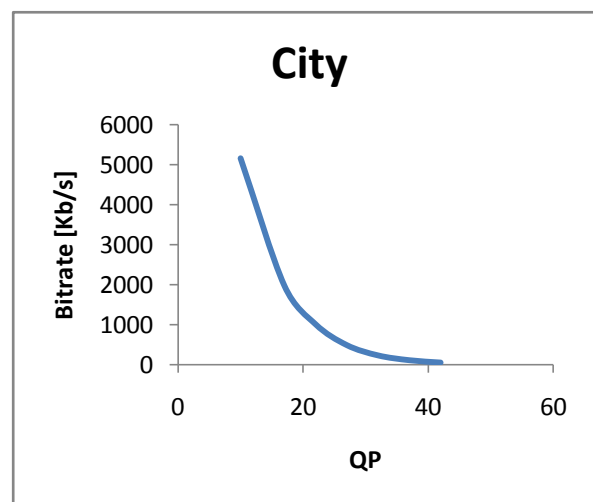


Figure IV.4(b): l'impact de QP sur le bitrate

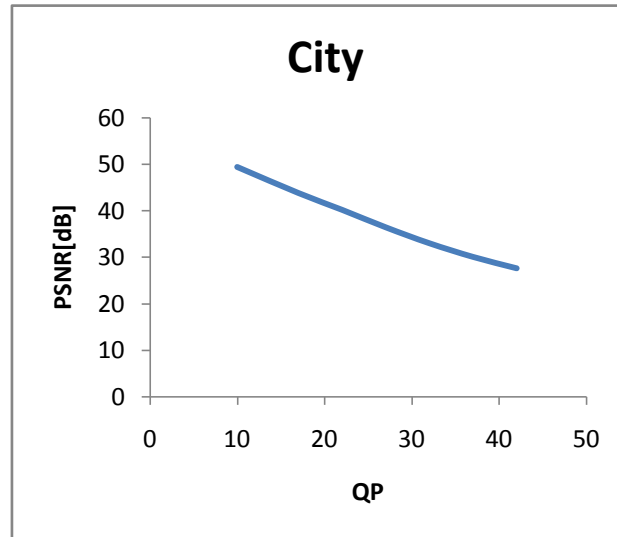


Figure IV.4(c): l'impact de QP sur le PSNR.

**Séquence Crew:**

Crew	QP=10	QP=17	QP=22	QP=27	QP=32	QP=37	QP=42
Temps [s]	48832.277	880.346	958.132	1038.812	523.258	450.857	413.470
Bitrate [kb/s]	8873.4640	4385.4400	2400.0240	1132.4560	526.1280	254.2160	126.4880
PSNR [dB]	49.5645	43.9265	40.1050	36.1175	32.8063	30.2060	27.9762

Tableau IV.4 :L'impact de la QP sur la séquence vidéo (Crew)

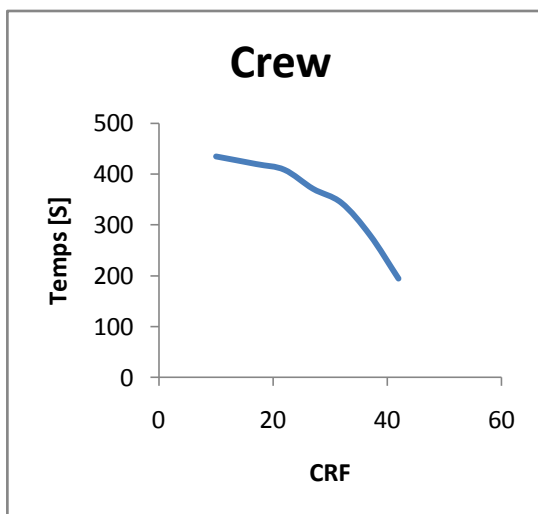


Figure IV.5(a) :L'impact de QP sur le temps

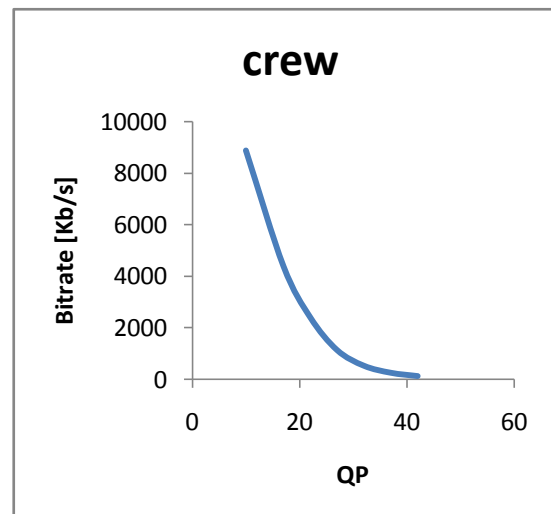


Figure IV.5 (b):L'impact de QP sur le bitrate

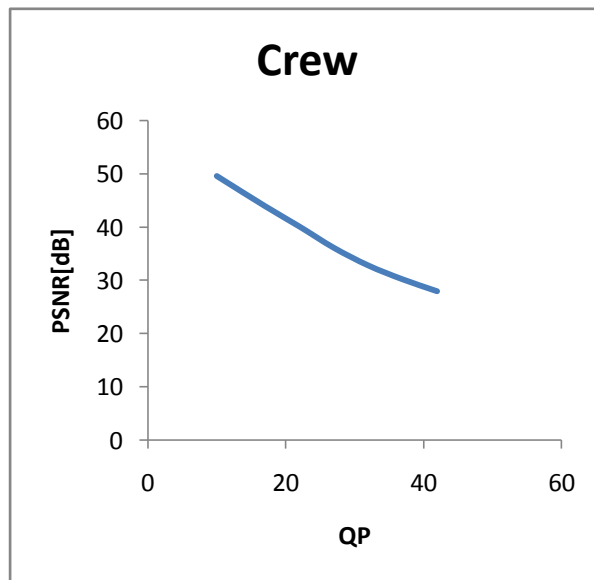


Figure IV.5 (c): L'impact de QP sur PSNR

**Séquence Foreman:**

Foreman	QP=10	QP=17	QP=22	QP=27	QP=32	QP=37	QP=42
Temps [s]	1008.630	914.359	786.753	704.163	582.858	460.708	462.245
Bitrate [kb /s]	4882.5440	2041.2560	1105.5600	569.1280	298.7760	161.2720	85.1600
PSNR [dB]	49.5496	44.3975	40.8870	37.1772	33.7685	30.7423	27.9800

Tableau IV.5 : L'impact de la QP sur la quantité de mouvement vidéo (Foreman)

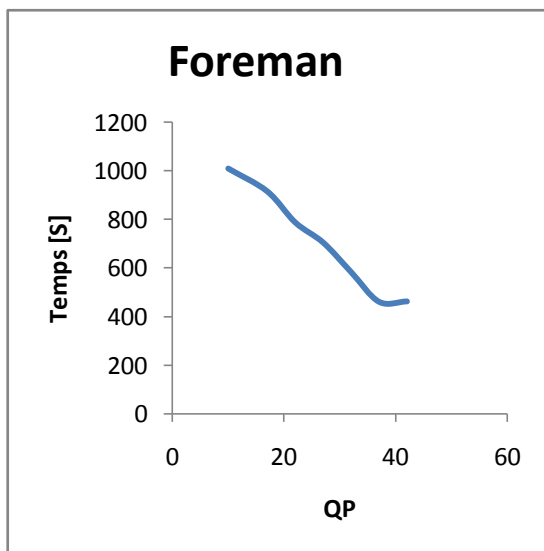


Figure IV.6(a): L'impact de QP sur le temps

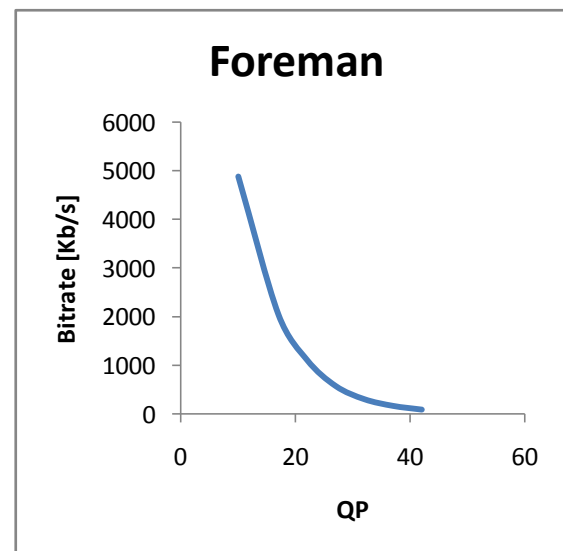


Figure IV.6 (b): L'impact de QP sur le Bitrate

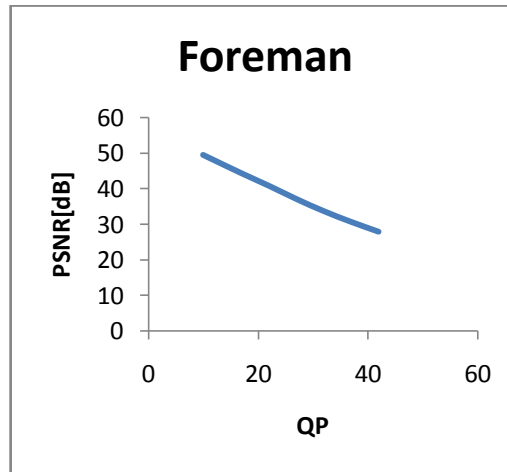


Figure IV.6(c) : L'impact de QP sur le PSNR

**Séquence CROWDRUN:**

CROWDRUN	QP= 10	QP=17	QP= 22	QP=27	QP=32	QP=37	QP=42
Temps[s]	74112.015	66403.691	63421.019	62715.919	32310.575	21056.203	16641.994
Bitrate [Kb/s]	452285.2880	244293.8240	112163.1600	47903.4080	22496.1360	11252.6400	5483.2720
PSNR [dB]	49.9849	42.4953	37.7704	33.0114	28.6542	25.3582	22.8680

Tableau IV.6:L'impact de la QP sur la séquence vidéo (CROWDRUN)

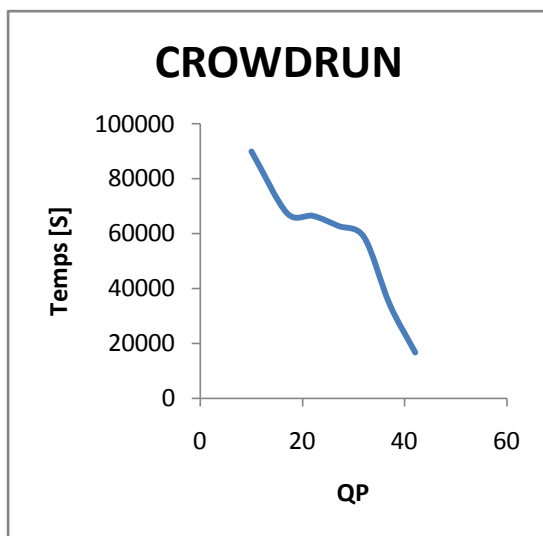


Figure IV.7 (a):L'impact de QP sur le temps

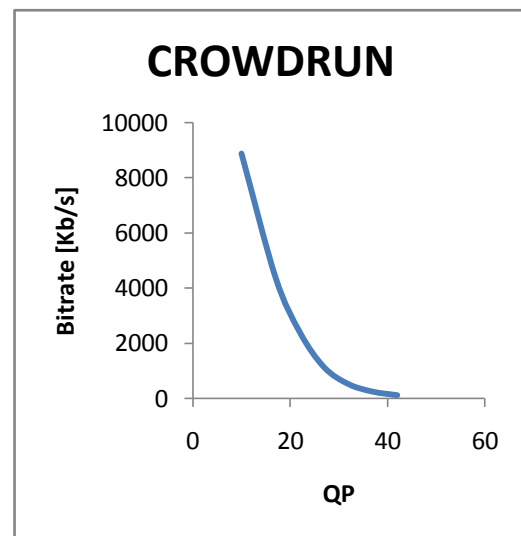


Figure IV.7(b):L'impact de QP sur le bitrate

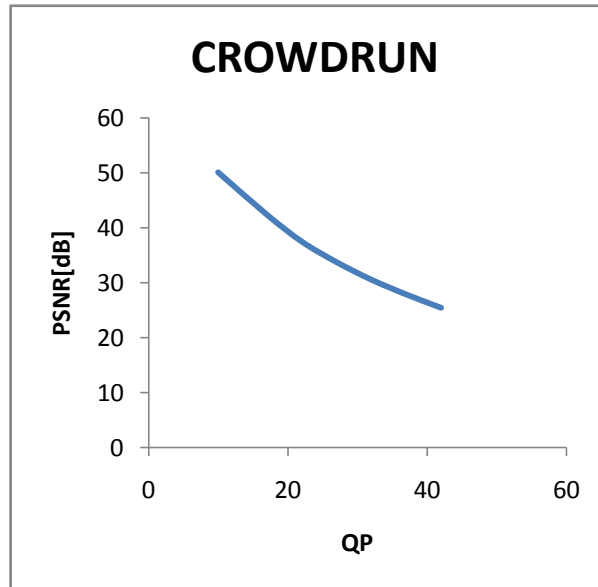


Figure IV.7(c): L'impact de QP sur PSNR

**Séquence CROWDRUN HD:**

CROWDRUN HD	QP= 10	QP=17	QP=22	QP=27	QP= 32	QP=37	QP= 42
Temps [s]	89846.106	69945.849	67285.162	58658.413	34197.520	33170.785	24872.455
Bitrate[kb/s]	595778.6480	387211.7840	253505.4240	149852.2080	81911.0080	43359.7360	22261.6320
PSNR[dB]	50.0995	42.4090	37.5197	33.7821	30.5949	27.9167	25.4931

Tableau IV.7: L'impact de la QP sur la séquence vidéo (CROWDRUN HD)

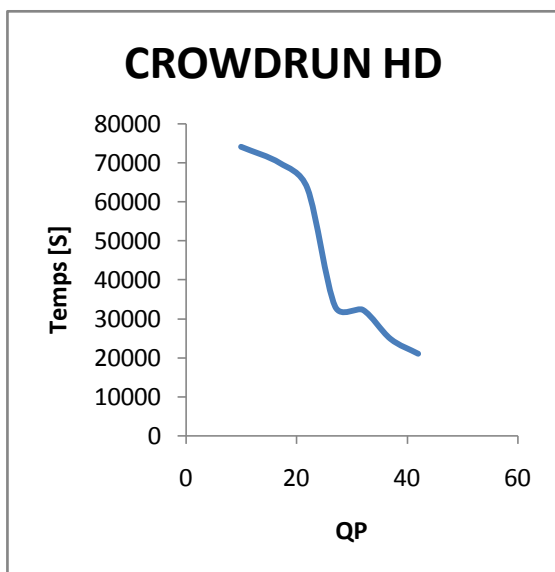


Figure IV.8(a): L'impact de QP sur le temps

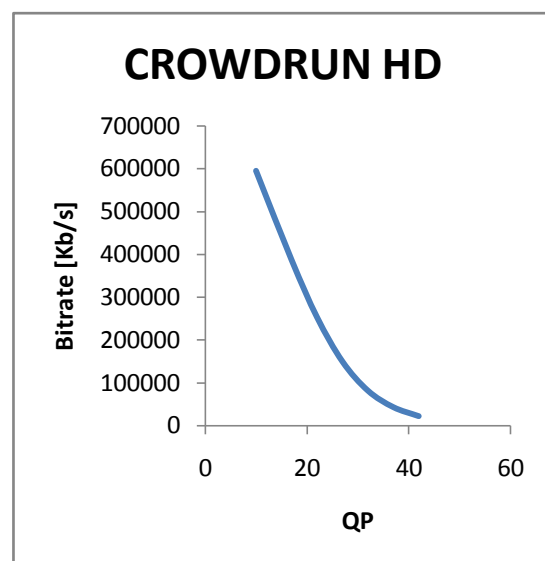


Figure IV.8 (b): L'impact de QP sur le bitrate

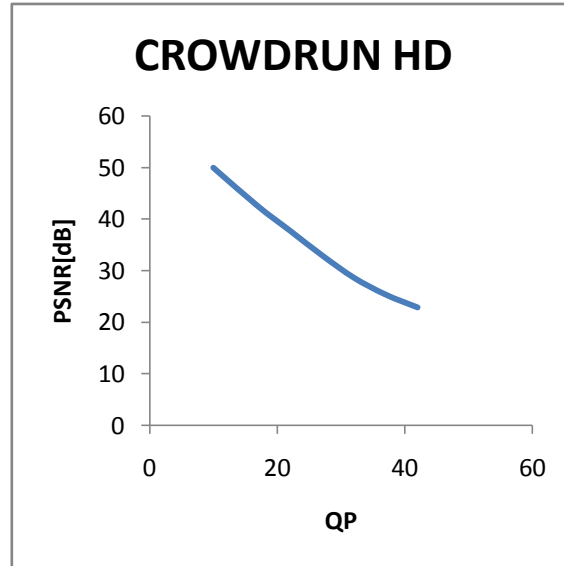


Figure IV.8(c): L'impact de QP sur PSNR

#### IV.11.2 Analyse des performances des H.265/HEVC avec x265

Les figures IV.9 - IV.13 montre les graphiques du PSNR, du bitrate et du temps d'encodage selon la valeur de CRF avec un codeur HEVC respectivement, Les tableaux IV.8 et IV.9 présentent les valeurs de PSNR, du bitrate et du temps d'encodage des vidéos en fonction de CRF pour chaque vidéo.

##### Séquence City:

City	CRF=10	CRF=17	CRF=22	CRF=27	CRF=32	CRF=37	CRF=42
Temps [s]	130.17	106.89	90.48	77.58	68.08	54.20	42.84
Bitrate[kbit /s]	544.04	229.23	126.67	69.70	38.06	20.93	11.04
PSNR[dB]	48.56	43.93	40.9	37.5	33.99	30.69	27.75
Qp moyenne	12.91	19.97	25.10	30.24	35.5	40.78	45.98

Tableau IV.8:La relation entre le CRF et la séquence vidéo(city).

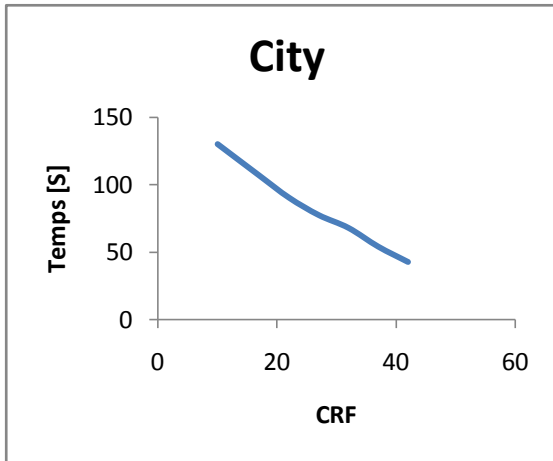


Figure IV.9 (a): La relation entre CRF et le temps

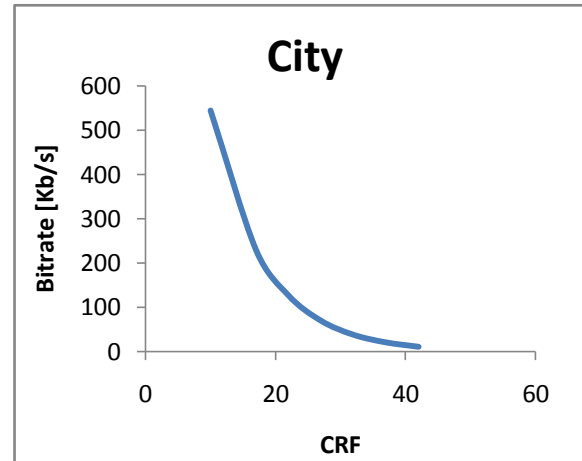


Figure IV.9 (b): La relation entre CRF et le bitrate

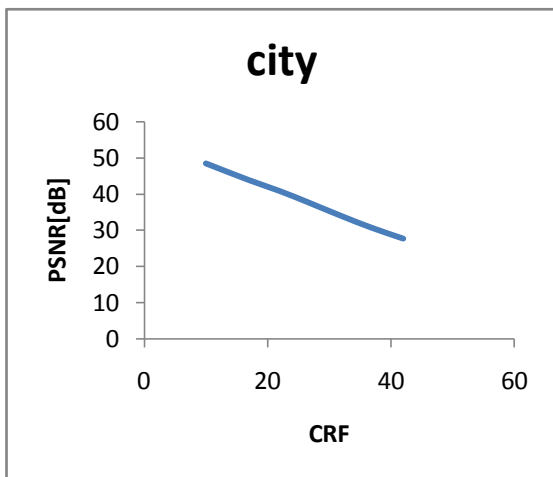


Figure IV.9 (c): La relation entre CRF et le PSNR

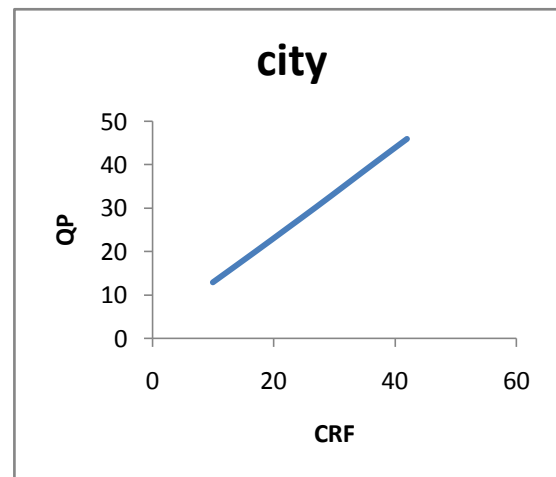


Figure IV.9 (d): La relation entre CRF et QP

**Séquence Crew:**

Crew	CRF=10	CRF=17	CRF=22	CRF=27	CRF=32	CRF=37	CRF=42
Temps [s]	157.21	140.34	125.05	110.45	94.08	74.58	52.81
Bitrate[kbit/s]	840.86	422.75	242.60	132.77	69.56	34.28	14.65
Psnr[dB]	48.52	43.07	39.43	36.04	32.86	29.96	27.36
QP moyenne	13.75	20.76	25.75	30.77	35.85	41.04	46.34

Tableau IV.9 :L'impact de la CRF sur la séquence vidéo (crew)

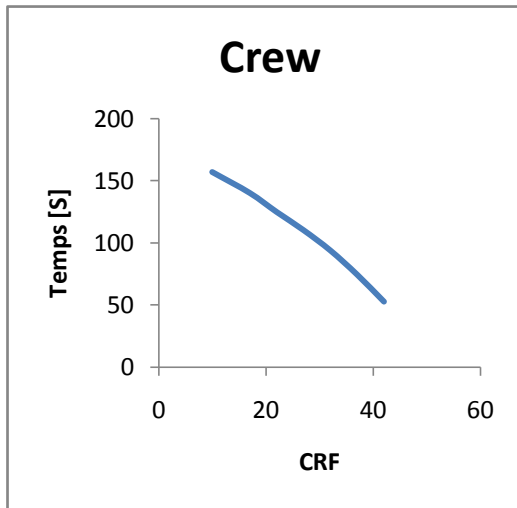


Figure IV.10 (a): La relation entre CRF et le temps

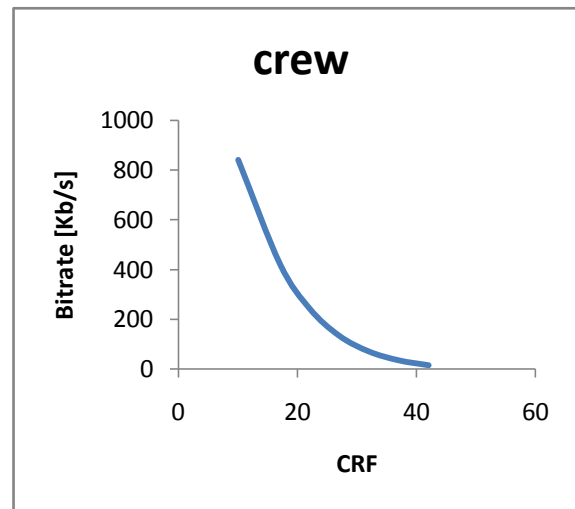


Figure IV.10 (b): La relation entre CRF et le bitrate

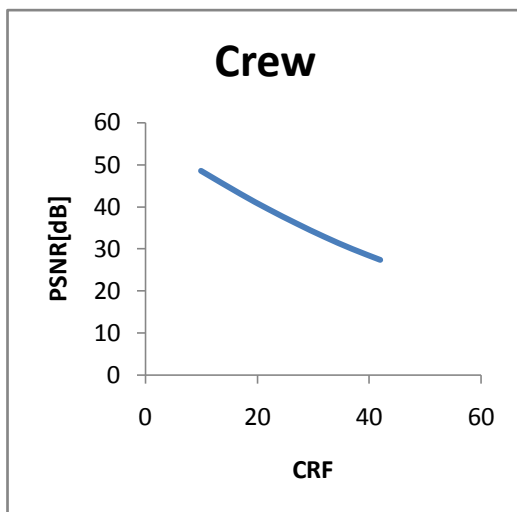


Figure IV.10 (c): La relation entre CRF et le PSNR

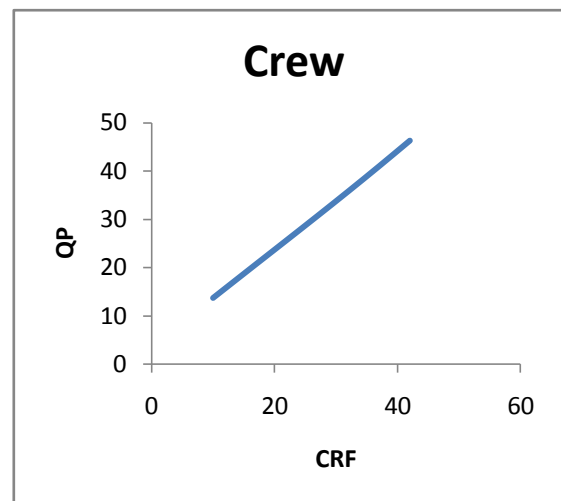


Figure IV.10 (d): La relation entre CRF et QP

### Séquence Foreman:

Foreman	CRF=10	CRF=17	CRF=22	CRF=27	CRF=32	CRF=37	CRF=42
Temps [s]	125.30	101.79	87.83	76.55	66.12	55.15	44.34
Bitrate[kbit /s]	499.58	225.24	129.23	73.59	42.27	23.72	12.72
PSNR [dB]	48.32	43.86	40.74	37.49	34.25	30.75	27.93
QP moyenne	13.74	20.81	25.87	30.87	35.94	41.11	46.30

Tableau IV.10 :L'impact de la CRF sur la séquence vidéo (Foreman)

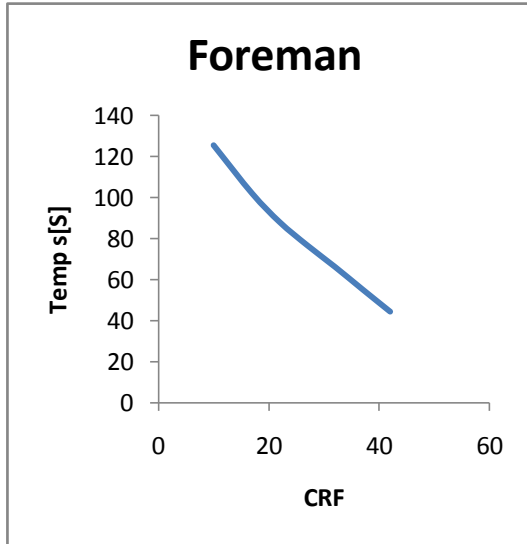


Figure IV.11 (a): La relation entre CRF et le temps

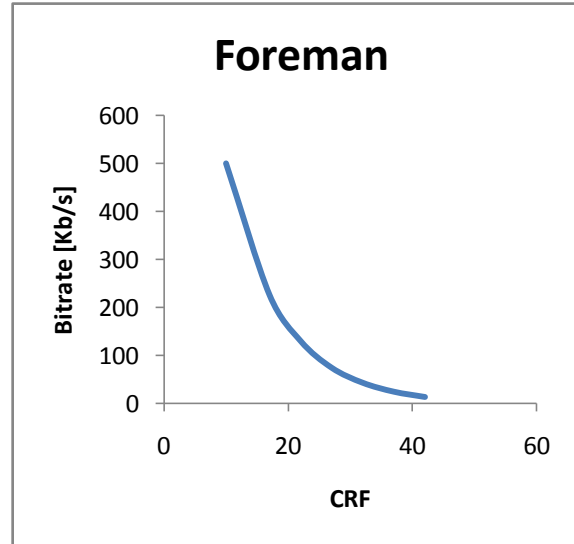


Figure IV.11 (b): La relation entre CRF et le bitrate

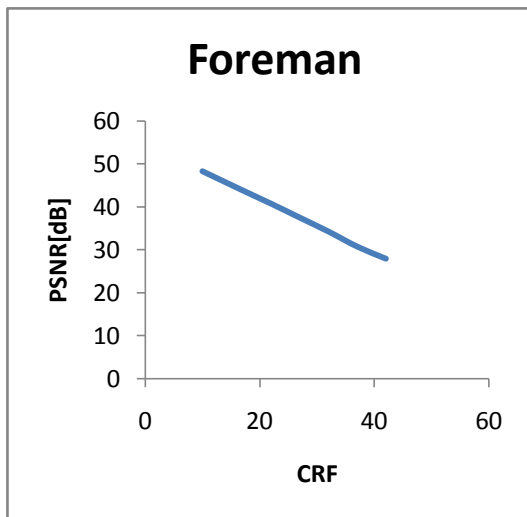


Figure IV.11 (c): La relation entre CRF et le PSNR

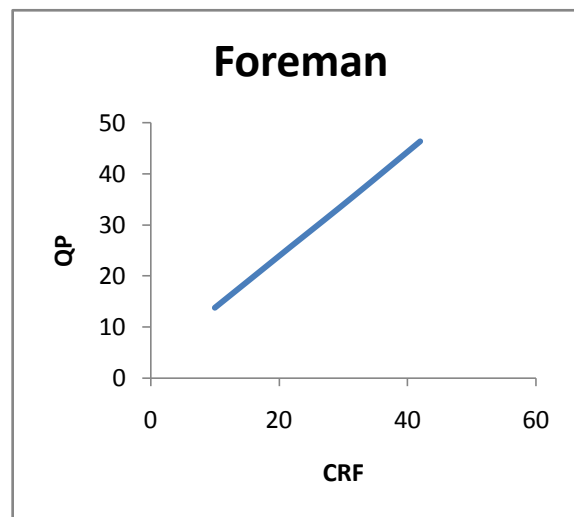


Figure IV.11 (d): La relation entre QP et CRF

**Séquence CROWDRUN:**

CROWDRUN	CRF=10	CRF=17	CRF=22	CRF=27	CRF=32	CRF=37	CRF=42
Temps [s]	3266.26	2918.21	2254.73	1911.94	1614.84	1333.96	1009.60
Bitrate[kbit /s]	37694.19	17471.93	8077.86	3943.90	2003.67	949.18	374.63
PSNR[dB]	46.08	39.28	35.57	32.46	29.34	26.31	23.47
QP moyenne	15.73	22.74	28.01	33.24	38.34	43.42	48.52

Tableau IV.11 :L'impact de la CRF sur la séquence vidéo (CROWDRUN)

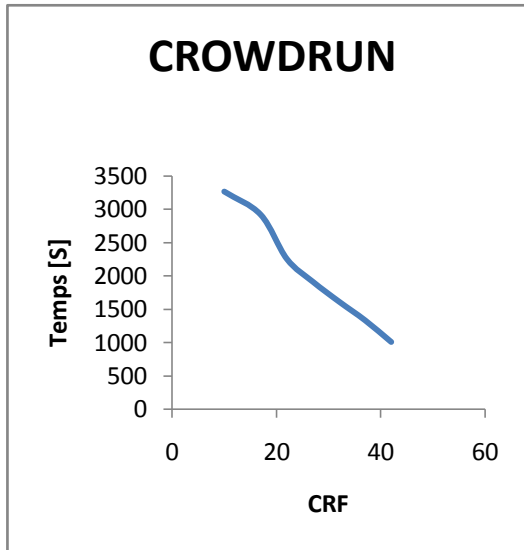


Figure IV.12 (a): La relation entre CRF et le temps

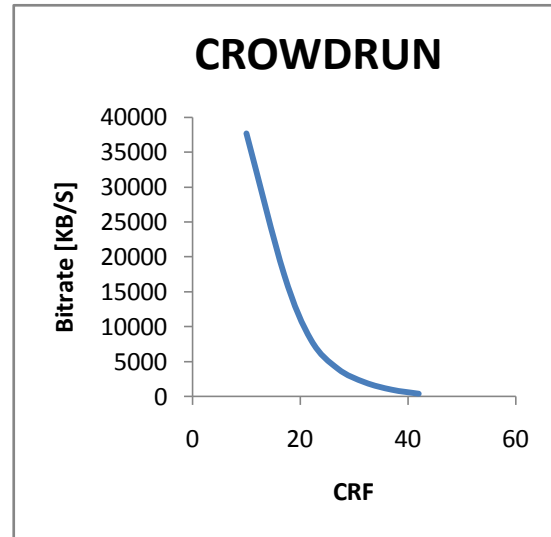


Figure IV.12 (b): La relation entre CRF et le bitrate

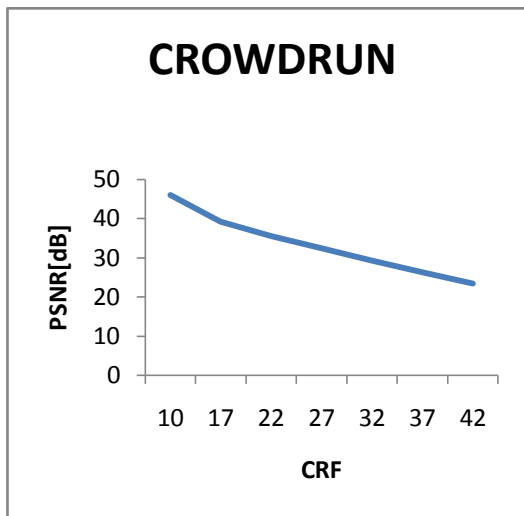


Figure IV.12 (c): La relation entre CRF et le PSNR

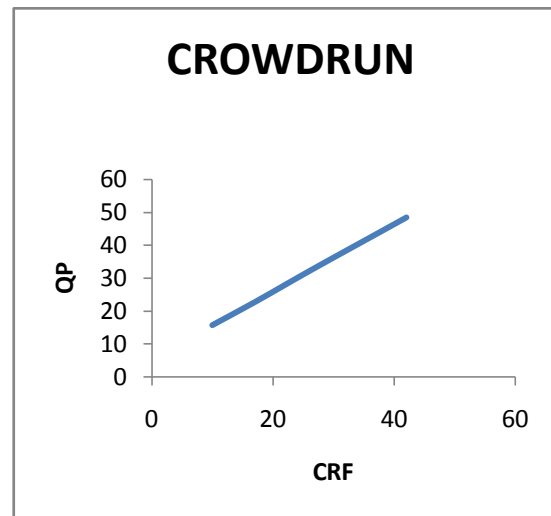


Figure IV.12 (d): La relation entre CRF et QP

**Séquence CROWDRUN(HD):**

CROWDRUN (HD)	CRF=10	CRF=17	CRF=22	CRF=27	CRF=32	CRF=37	CRF=42
Temps [s]	14660.52	12830.91	10126.65	8395.06	7502.26	6153.70	5130.25
Bitrate[kbit/s]	81543.46	65746.79	31067.45	15761.29	8089.39	3768.25	1429,93
PSNR[dB]	47.003225	40.541205	36.927162	33.958525	30.947453	27.998977	24,987529
QP moyenne	15.15	22.16	27.35	32.66	37.77	42.93	48.13

Tableau IV.12 :L'impact de la CRF sur la séquence vidéo (CROWDRUN HD)

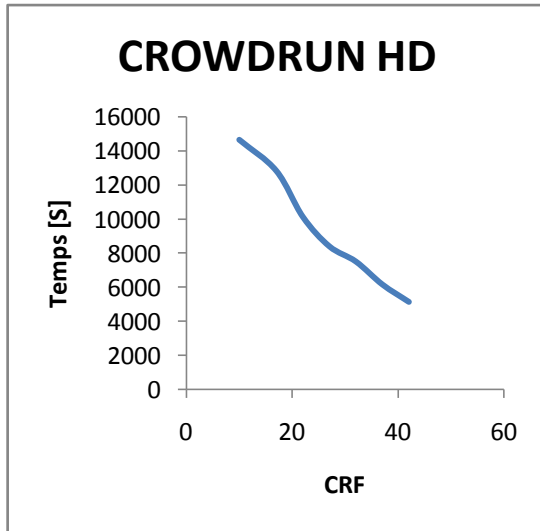


Figure IV.13 (a): la relation entre CRF et le temps

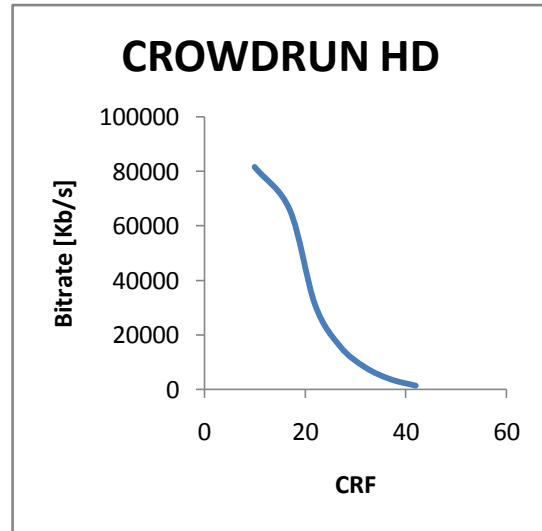


Figure IV.13 (b) : la relation entre CRF et le bitrate

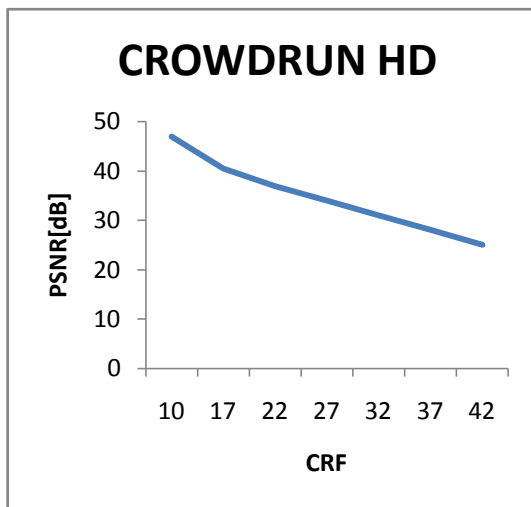


Figure IV.13 (c): la relation entre PSNR et CRF

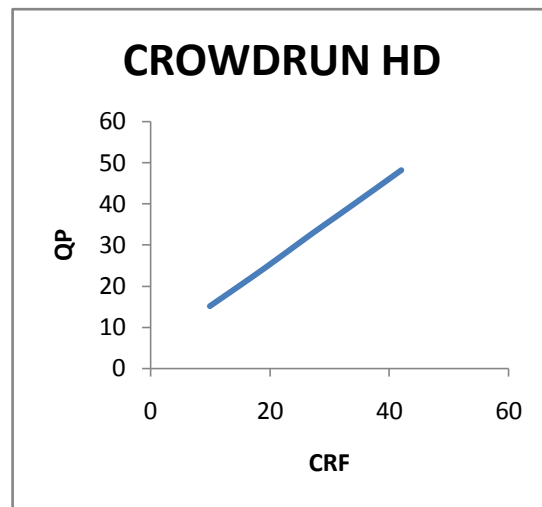


Figure IV.13(d): la relation entre QP et CRF

- Le Bitrate de la séquence CITY avec HM 16.11 et avec x265 de FFmpeg est présenté dans la figure suivant:

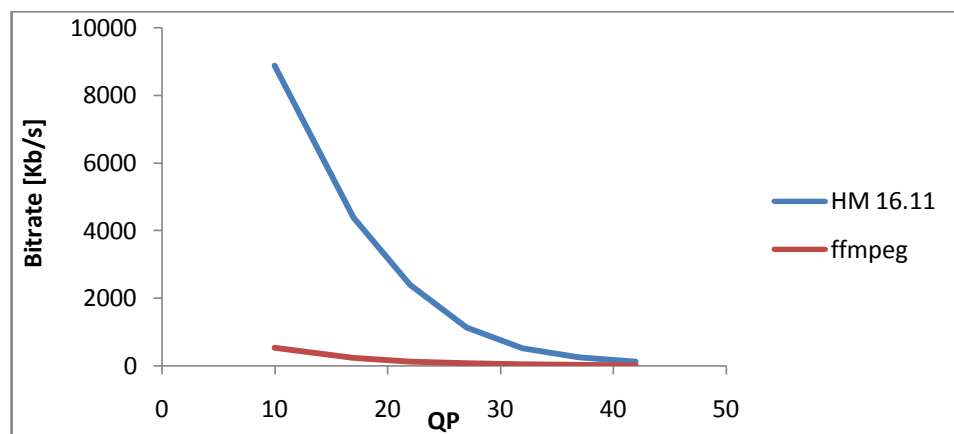


Figure IV.14:Le bitrate avec HM16.11 et avec FFmpeg en fonction de QP

- Le temps d'encodage de la séquence CREW avec HM 16.11 et avec x265 de FFmpeg est présenté dans la figure suivant:

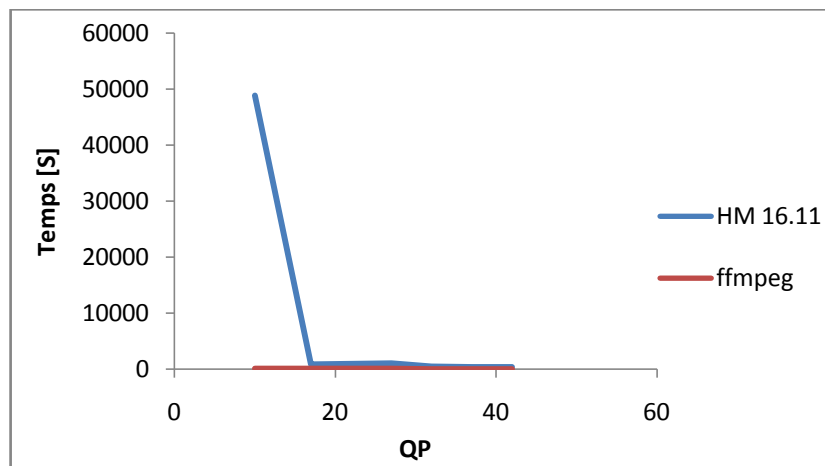


Figure IV.15: Le temps avec HM16.11 et avec FFMPEG en fonction de QP

- Le PSNR de la séquence CROWDRUN avec HM 16.11 et avec x265 de FFmpeg est présenté dans la figure suivant:

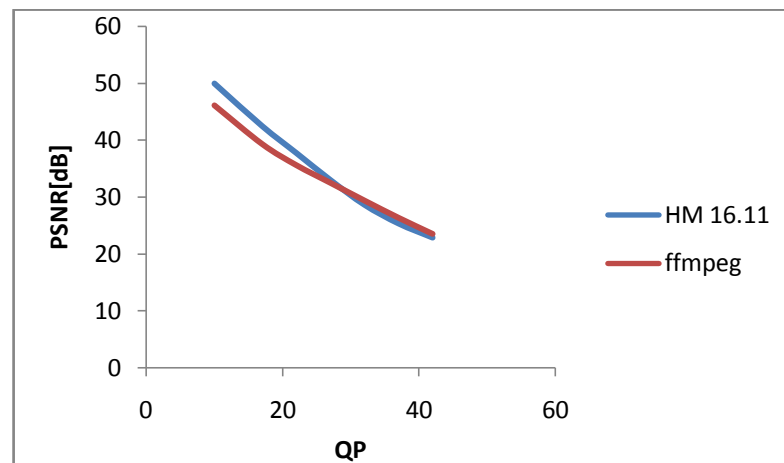


Figure IV.16: Le PSNR avec HM16.11 et avec FFMPEG en fonction de QP

## IV.12 Discussion

les courbes montrent que le PSNR, bitrate et temps d'encodage 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 PSNR différentes, comme le montre les figures IV.11 (a, b, c) De plus, à mesure que le QP augmente, le débit binaire diminue, ce qui diminue la qualité vidéo et le temps d'encodage diminue aussi.

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

A partir des figures IV.13(c) on peut observer que le PSNR diminue progressivement avec une augmentation des valeurs de CRF telles qu'indiquées dans les résultats précédents. En outre, le PSNR prend la même tendance décroissante dans les deux cas. On peut noter aussi que lorsque le QP augmente, il y a une légère différence,

Il semble alors qu'il y ait une grande variation entre les séquences, la séquence Crowdrun (HD) et la séquence CITY.

Il y a une proportion directe entre le CRF et le QP où Plus la valeur du CRF est élevée, plus la valeur de QP est grande, nous pouvons voir que lorsque le  $CRF(x265) = QP(x265)$  nous obtenons des valeurs de PSNR très similaires comme les figures IV.12(d) et IV.13(d)

Notons que si le CRF est trop élevé (par exemple, si vous utilisez un CRF de 30), vous obtiendrez un blocage lorsque le mouvement sera élevé, car le débit binaire dans ces parties sera tout simplement trop faible par exemple on a  $CRF(30)=BR(50)$ . Le codeur utilisera un QP de 32, ce qui est beaucoup trop lourd pour un quantificateur, choisissez le CRF en fonction du niveau de qualité souhaité.

Le débit binaire (BR) d'un train de bits est calculé en faisant la moyenne du nombre total de bits dans le flux binaire par la longueur du flux binaire mesurée en secondes.

Les résultats sont généralement mesurés en kilobits par seconde (kbit / s) ou en mégabits par seconde (Mbit / s). La méthode commune pour contrôler le débit par le codeur consiste à ajuster le paramètre de quantification (QP). QP détermine le degré de rugosité du quantificateur approchera les coefficients. Un QP plus élevé réduira le débit et inversement, un QP plus faible augmentera le débit.

#### **Pour le bitrate :**

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.14 où on note que avec le logiciel FFMPEG le débit est très faible par rapport au logiciel HM 16.11 veut dire que la qualité de vidéo est très élevée avec le logiciel HM au contraire au FFMPEG.

### **Pour le temps :**

Depuis La Figure IV.15 on constate que le temps de compression de vidéo avec logiciel FFMPEG est presque inexistant et Ceci est dû au fait que la qualité et la quantité de mouvement est très basse lorsque nous compressons avec le logiciel FFMPEG tant qu'on utilise le HM16.11 on note des résultats très différente par rapport au premier plus nous augmentons de valeur de QP moins le temps et la qualité de vidéo diminuent (par exemple QP=17 le temps(HM)= 880.346s le temps (FFMPEG)=140.34s.

### **Pour le PSNR :**

On note que la relation entre le QP ou le CRF et le PSNR est semblable quelque soit en utilisant le logiciel FFMPEG ou le HM16.11 pour la compression de la vidéo comme il est décrit dans les Figures IV.12 (c) et IV.7 (c) (par exemple on a QP= 27, PSNR(HM16.11)=33.0114 dB, et CRF=27 , PSNR(FFMPEG)= 32.46 dB ), les valeurs sont très similaires. donc La valeur de PSNR n'affecte pas ni sur la qualité vidéo alors le PSNR permet de quantifier la performance des codeurs en mesurant la qualité de reconstruction de vidéo compressée par rapport au vidéo originale.

## **IV.12.1 CRF versus QP constant**

Le format CRF est un mode de codage de «qualité constante» par opposition au débit binaire constant (CBR). En règle générale, vous obtiendrez une qualité constante en comprimant chaque image du même type de la même quantité, c'est-à-dire en jetant la même quantité (relative) d'informations. Dans la terminologie technique, vous maintenez un QP (paramètre de quantification) constant. Le paramètre de quantification définit la quantité d'informations à supprimer d'un bloc de pixels donné (un macro bloc). Cela conduit généralement à un débit extrêmement variable tout au long de la séquence

On constate que le CRF est un peu plus sophistiqué que cela. Il compresse différentes trames en quantités différentes, ce qui fait varier le QP si nécessaire pour maintenir un certain niveau de qualité perçue. Il le fait en prenant en compte le mouvement. Un code QP constant à QP = 17 restera à QP = 17 quelle que soit la trame (il existe un petit décalage pour différents types de trame, mais il est négligeable). Le facteur de taux constant au CRF = 17 augmentera le QP, par exemple, de 20 pour les images à mouvement élevé (les compressant davantage) et le diminuera à 16 pour les parties à faible mouvement de la séquence. Cela modifiera essentiellement l'allocation du débit au fil du temps.

### **IV.12.2 Le lien entre la qualité et le débit**

Tous les vidéos ne sont pas «faciles» à compresser. Les mouvements faibles et les gradients lisses sont faciles à compresser, alors que les mouvements élevés et de nombreux détails spatiaux sont plus exigeants pour un codeur.

CRF s'occupe de ce problème: avec différentes vidéos, différents niveaux de CRF entraînent différents débits binaires. (En fait, vous ne pouvez pas estimer de manière fiable le débit résultant pour un CRF donné.

Pendant les essais avec peu ou pas de mouvement, le flux vidéo n'utilisait que 10 % de la bande passante d'un flux vidéo équivalent. Pendant les essais avec beaucoup de mouvement, la différence de consommation de bande passante du réseau était importante.

### **IV.13 Conclusion**

Pour comprendre l'impact de contenu vidéo, les paramètres de codage tel que QP et CRF, sur la qualité vidéo perçue, on utilise la vidéo compressée par la norme HEVC.

Les résultats montrent qu'en ce qui concerne les petites valeurs de QP et CRF, les valeurs de PSNR, bitrate, temps d'encodage augmentent, et pour des valeurs élevées, ces métriques baissent pour les différentes séquences vidéo. Les différents contenus vidéo n'affecte pas la qualité pour les faibles valeurs du de QP et CRF et inversement.

---

---

## *Conclusion et Perspectives*

---

---

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

L'objectif de ce mémoire est l'évaluation d'une vidéo codé par la nouvelle norme H.265/HEVC qui est l'une des normes de codage les plus récentes avec sa structure et ses éléments principaux afin d'avoir les caractéristiques employés dans tout type de système de compression vidéo.

Nous concluons qu'il y a beaucoup de méthode de compression malgré il y a des différences entre eux mais leurs but est unique c'est de minimisé le maximum de la taille originale sans perdre la qualité.

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 plateforme: HEVC(HM16.11) et FFMPEG.

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 différence 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 le plateforme qui utilisé.

Après cette étude, nous avons étudié comment réduire la taille de la vidéo et comment choisi le QP ou bien CRF pour protéger la qualité de la vidéo, mais y a un problème qui reste C'est que la qualité vidéo jour après jour passe à 8K, cette qualité est le meilleur ce moment et avec un grand taille, est-il possible de compresser cette vidéo dans un temps plus réduite.

Enfin, le nouveau codec HEVC peut être utilisé efficacement pour les applications de streaming vidéo, bien qu'il pose encore certains problèmes qui doivent être préalablement solutionnés. Nous pensons que cela n'est pas dans un futur lointain compte tenu de l'évolution de la technologie.

Certains points dans notre travail peuvent être complétés, dans des futurs travaux :

Notre application se base particulièrement sur des vidéos de petite taille.

Pour les travaux futurs, l'effet des dégradations et du contenu vidéo sur la qualité perçue sera davantage examiné en réalisant de nouvelles expériences objectives et subjectives avec plusieurs classes de vidéos de référence 3D, HD et UHD,... 8K avec un codage vidéo évolutif et un codage vidéo multi-vue sur HEVC/H.265. Nous proposons également en termes de perspectives, d'améliorer la robustesse de la transmission vidéo HEVC en temps réel dans les réseaux. En effet, ces canaux sont les plus hostiles à la transmission vidéo caractérisée par une topologie variable, un nombre variable de nœuds, une mobilité variable et rapide, ...etc.

---

---

# *Bibliographie*

---

---

## BIBLIOGRAPHIE

[1] Mémoire de Fin d'Etudes Présenté par Wahiba BOUHAL Intitulé « Optimisation D'une Chaîne de Transmission Vidéo sur Réseau IEEE 802.11g », Soutenue le : Dimanche 24 juin 2012.

[2] Introduction a la vidéonumérique : <https://www.commentcamarche.net> (consulté le 03 décembre 2018)

[3] Comment monter des vidéos réduire la taille des fichiers :

<https://www.techsmith.fr/blog/>(consulté le 04 décembre 2018)

[4] Les bases de la compression vidéo:

<https://support.didacte.com/articles/1496268>(consulté le décembre 2018)

[5] Meilleur format de vidéo:

<https://www.kalyzee.com/quel-meilleur-format-video-web>(consulté le 05 décembre 2018)

[6] La définition de HEVC:

<https://www.lcd-compare.com/definition-de-hevc.htm>(consulté le 06 décembre 2018)

[7] Vidéo Internet et FFMPEG:

<https://www.octopuce.fr/video-internet-et-ffmpeg/>(consulté le 06 décembre 2018)

[8] Télévision analogique terrestre :

<https://fr.wikipedia.org/wiki> (consulté le 07 décembre 2018)

[9] Comprendre la Vidéo Numérique, université Montpellier 2, science et technologie, document PDF (télécharger 07 décembre 2018 à 10 :45)

[10] Le codage des images et de la couleur :

<http://obligement.free.fr/articles/codagedesimages.php> (consulté le 02 décembre 2018).

[11] : transmission de données la transmission analogique :

[www.commentcamarche.net/contents](http://www.commentcamarche.net/contents) (consulté le 06 décembre 2018)

[12] La transmission analogique et la modulation

analogique :<http://webcache.googleusercontent.com/search?safe=active&q=cache:http://haut.debit.free.fr/hertzien/TransTvAna.html> (consulté le 05 décembre 2018)

[13] Laghmardi Nouredine la télévision numérique terrestre en Tunisie, le 04 & 05 Décembre 2007, Powerpoint , diapositive 13. (Télécharger le 20 décembre 2018 à 11 :25)

[14] Signal Vidéo et codage couleur , Document PDF, page 8-  
<http://ekladata.com/n0cbYnMwItNBLbpo5UVIz0gaFro.pdf> (télécharger janvier 2019 à 16 :21)

[15] Transition vers la télévision numérique :

<https://fr.wikipedia.org/wiki/> (consulté le 10 janvier 2019)

[16] Télévision analogique :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9vision#En\\_analogique](https://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9vision#En_analogique) (2018).

[17] TNT télévision numérique terrestre :

<https://televiseur.ooreka.fr/comprendre>(consulté janvier 2019)

[18] La TNT:

<https://www.tdf.fr/tnt-comment-%C3%A7a-marche>(consulté janvier 2019)

[19] Iain E. Richardson., “The H.264 advanced video compression standard”, 2nd edition, ISBN: 978-0-470-51692-8, John Wiley & Sons, (2019).

[20] Iain E. G. Richardson, ”H.264 and MPEG-4 Video Compression. Video Coding for Next-generation Multimedia”, Wiley, pp.152-222 (2018)

[21] Le codage des images et de la couleur :

<http://obligement.free.fr/articles/codagedesimages.php> (2018).

[22] Q Yun. Shi and Sun Huifang, “Image and Video Compression for Multimedia Engineering, Fundamentals, Algorithms, and Standards,” CRC Press, USA (2000).

[23] Les définitions des TV : <https://www.cnetfrance.fr/produits/sd-hd-ultra-hd-4k-8k-comprendre-les-definitions-des-tv-39786402.htm> (2018)

[24] K R Rao, Do Nyeon Kim, and Jae Jeong Hwang, “Video coding standards , AVS China, H.264/MPEG-4 PART 10, HEVC, VP6, DIRAC and VC-1” ISBN 978-94-007-6742-3, Springer Netherlands (2014) [doi: 10.1007/978-94-007-6742-3]

[25] Libde265 homepage : <https://www.libde265.org> (2018)

[26] D.Legros, J. Crinon and P.Georget, “Les effets des systèmes et des outils multimédias sur la cognition, l’apprentissage et l’enseignement,” <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000351> (2018)

[27] MPEG Comittee Documentation, <http://www.chiariglione.org> (2017).

- [28] R. Westwater, B. Furht and B. Furht, “Real-Time Video Compression: Techniques and Algorithms,” Kluwer Academic Publishers Boston, Dordrecht, London (1997), ISBN: 0792397878. [DOI :10.1007/b102475]
- [29] Z. Cheng et al., “Subjective QoE based HEVC encoder adaptation scheme for multi-user video streaming,” in Proc. IEEE Int. Symp. Broadband Multimedia Syst. Broadcast. (BMSB), pp.1-6, Nara, Japan (2016) [doi:10.1109/BMSB.2016.7521987].
- [30] The Joint Photographic Experts Group (JPEG) committee: <https://jpeg.org/jpeg/index.html> (2018).
- [31] D. Hands, and M. Wilkins, “A study of the impact of network loss and burst size on video streaming quality and acceptability,” in Interactive Distributed Multimedia Systems and Telecommunication Services, M. Diaz, P. Owezarski, and P. Snac, Eds. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 1718, pp, 45-57 (1999) [doi:10.1007/3-540-48109-5\_5].
- [32] Christoph Meinel, Harald Sack, “Digital Communication,” Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-642-54331-9 (2014), [doi: 10.1007/978-3-642-54331-9]
- [33] P. Paudyal, F. Battisti, and M. Carli, “Impact of video content and transmission impairments on quality of experience,” *Multimedia Tools Appl* .75(23), 16461-16485 (2019) [doi:10.1007/s11042-015-3214-0]
- [34] R. Westwater, B. Furht and B. Furht, “Real-Time Video Compression: Techniques and Algorithms,” Kluwer Academic Publishers Boston, Dordrecht, London (1997), ISBN: 0792397878. [DOI :10.1007/b102475]
- [35] H.263++ : H.263 Annex U, V, W and X. Compléments de la recommandation H.263 à l’UITT. (2000).
- [36] S. Paulikas et al., ”The Impact of Packet Loss on Quality of H.264/AVC Video Streaming”, *ELEKTRONIKA IR ELEKTROTECHNIKA*, ISSN 1392-1215.22(2), 81-85 (2016) [doi: <http://dx.doi.org/10.5755/j01.eie.22.2.14596>]
- [37] Wei-Yi Wei, “An Introduction to Image Compression” Graduate Institute of Communication Engineering National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC
- [38] <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Compression%20de%20donn%C3%A9es/fr-fr/>
- [39] Synthèse-et-etude-comparative-sur-les-methodes-de-compression-video .pdf
- [40] Lain E. Richardson,” THE H.264 ADVANCED VIDEO COMPRESSION STANDARD”, Second Edition, 2003
- [41] O. Hadar et al., “Effects of compression parameters on the perceived quality of video stream over a lossy internet protocol network,” *Optical Engineering*.45(8), 087003(2006) [doi:<http://dx.doi.org/10.1117/1.2338591>]

[42] B. Bross, W.-J. Han, G. J. Sullivan, J.-R. Ohm, and T. Wiegand, High Efficiency Video Coding (HEVC) Text Specification Draft 9, document JCTVC-K1003, ITU-T/ISO/IEC Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC), Oct 2012.

[43] G. Kokkonis, K. E. Psannis, M. Roumeliotis and D. Schonfeld, “Real-time wireless multisensory smart surveillance with 3D-HEVC streams for internet-of-things (IoT),” *Journal of Supercomputing*.73(3), 1044-1062 (2017)

[doi:<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11227-016-1769-9>].

[44] G. Kokkonis, K. E. Psannis, M. Roumeliotis and D. Schonfeld, “Real-time wireless multisensory smart surveillance with 3D-HEVC streams for internet-of-things (IoT),” *Journal of Supercomputing*. 73(3), 1044-1062 (2017)

[45] Z. Milicevic, and Z. Bojkovic, “High Efficient Video Coding (HEVC) performance analysis for different configurations in main profile,” *International Journal of Communications*.10, 109-112 (2016). Also, presented as Invited Paper at INASE International Conference Communications and Computers CC2016, Rome, Italy, 5-7 November (2016).

[46] P. Sylvain, “Le modèle OSI,” (2003), disponible sur : <http://www.frameip.com/osi/> (2017),

[47] K. McCann et al., “High efficiency video coding (HEVC) test model 11 (HM11) encoder description,” ITU-T/ISO/IEC joint collaborative team on video coding (JCT-VC) document JCTVC-M1002 (2013).

[48] Q.Irondi, Wang, and C. Grecos, “Subjective evaluation of H.265/HEVC based dynamic adaptive video streaming over HTTP (HEVC-DASH),” *Proc. SPIE 9400*, 94000B (2015).

[49] X265 homepage: <https://bitbucket.org/multicoreware> (2018)

[50] G.Pastuszak, and M. Trochimiuk, “Algorithm and architecture design of the motion estimation for the H.265/HEVC 4K-UHD encoder,” *J Real-Time Image Proc* (2016) 12: 517-529. <https://doi.org/10.1007/s11554-015-0516-4>

[51] L’encodage H264 Sur FFMPEG:

<https://emirchouchane.com/h264-ffmpeg/>(consulté le 12 mars 2019)

[52] hevimport .PDF Published online: 22 December 2013

# Springer Science+Business Media New York 2013

[53] <https://ieeexplore.ieee.org/document/1699847>(consulté le 21mars 2019)

[54] HEVC/H.265 et x265 :

<https://linuxfr.org/users/elyotna/journaux/hevc-h-265-et-x265-mes-premiers-tests>(consulté 25 mars 2019)

- [55] FFmpeg Codecs Documentation:<https://ffmpeg.org/>(consulté 04 avril 2019)
- [56] B. Maia, H C. Yehia, and L. De Errico, “A concise review of the quality of experience assessment for video streaming,” *Computer Communications*.57, 1-12 (2015).
- [57] ITU-T Recommendation E.800, “Definitions of Terms Related to Quality of Service” (2008).
- [58] Database of H.264/AVC video sequences transmitted over a noisy channel:  
<http://vqa.com.polimi.it/sequences.htm>,” (2018).
- [59] F. Bossen, “Common HM test conditions and software reference configurations,” Document JCTVC-H1100, JCT-VC, San Jose, California (2012).
- [60] [https://pmb.univ-saida.dz/butecopac/doc\\_num.php?explnum\\_id=567](https://pmb.univ-saida.dz/butecopac/doc_num.php?explnum_id=567)
- [61]Mémoire Présenté Comme Exigence Partielle A L'obtention De La Maîtrise En Génie Electrique M.Ing , François Girard, Montréal, (Mai 2001)
- [62] Institut National Des Sciences Appliquées De Toulouse, Canaux De Transmissions Bruites, Support De Cours Enonce De Travaux Diriges, Alexandre Boyer, Septembre (2014)