

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abderahmane MIRA - BEJAIA -  
Faculté de Technologie  
Département Génie Electrique



## Mémoire de Fin d'Etudes

Présenté par

**Wahiba BOUHALI**

**Pour l'Obtention du Diplôme de Master Recherche**

*Filière : Electronique*

*Spécialité : Télécommunication*

*Thème*

**Optimisation D'une Chaîne de Transmission  
Vidéo sur Réseau IEEE 802.11g**

Soutenue le : Dimanche 24 juin 2012

**Jury :**

Mr. KHEIREDDINE  
Mr. Mohamed AZNI  
Mr. SADJI  
Mr. TOUNSI

Univ. de Bejaia  
Univ. de Bejaia  
Univ. de Bejaia  
Univ. de Bejaia

Président  
Encadreur  
Examinateur  
Examinateur



*Je dédie ce travail à :*  
*Mes cher parents pour leurs encouragements, leurs tendresse et les nombreux sacrifices*  
*qu'ils ont fait pour mon éducation et mon bien être en général, que Dieu les garde*  
*Mes soeurs et frère Amel, Nabila et Abdalhakim*  
*Ma grand-mère, que dieu la protège*  
*Riad pour son soutien durant mes études et à toute sa famille*  
*Toute ma famille, proche soit-elle ou lointaine*  
*Toutes mes amies, en leurs souhaitant le succès dans leur vie*

***Wahiba***



---

# Remerciements

Je remercie Dieu le Tout-Puissant qui m'a donné le courage pour élaborer ce modeste travail.

Je remercie tout d'abord mon encadreur Mr Azni Mohamed de m'avoir apporté ses vailleureux conseils et soutiens durant la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également Mr Tounsi d'avoir accepté de me diriger en remplacement de Mr Azni durant son absence.

Mes remerciements au président et aux membres de jury pour m'avoir fait l'honneur en acceptant d'examiner et de juger ce travail.

Finalement, je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail ne serait-ce qu'en me prodigant un conseil ou autre.



---

# Table des matières

<b>Liste des figures</b>	<b>vi</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>vii</b>
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 Codage de source vidéo</b>	<b>3</b>
1.1 Introduction . . . . .	3
1.2 Les types de redondance . . . . .	3
1.2.1 La redondance spatiale . . . . .	4
1.2.2 La redondance temporelle . . . . .	4
1.2.3 La redondance spectrale . . . . .	4
1.2.4 La redondance psychovisuelle . . . . .	4
1.2.5 La redondance statistique . . . . .	5
1.3 Espace de representation d'une image . . . . .	5
1.3.1 Modèles RGB et YUV des images couleurs . . . . .	5
1.3.2 Le sous échantillonnage . . . . .	6
1.4 Types de compression . . . . .	6
1.4.1 La Compression sans pertes . . . . .	7
1.4.2 La Compression avec pertes . . . . .	7
1.5 Formats vidéo usuels . . . . .	7
1.6 Principes de la compression vidéo . . . . .	8
1.6.1 Le modèle temporel . . . . .	9
1.6.1.1 Estimation de mouvement ME . . . . .	9
1.6.1.2 Compensation de mouvement MC . . . . .	10
1.6.1.3 Calcul du vecteur de mouvement VM . . . . .	11

1.6.2	Le modèle spatial . . . . .	12
1.6.2.1	La transformation DCT . . . . .	12
1.6.2.2	La quantification . . . . .	13
1.6.2.3	Le réarrangement des coefficients . . . . .	14
1.6.3	Le codage entropique . . . . .	14
1.6.3.1	Codage de Huffman . . . . .	14
1.7	Les normes vidéo . . . . .	16
1.8	conclusion . . . . .	17
<b>2</b>	<b>La norme H.264/AVC</b>	<b>19</b>
2.1	Introduction . . . . .	19
2.2	Le principe du CODEC(COdeur/DECodeur) H.264 . . . . .	19
2.3	Etude de la norme H.264/AVC . . . . .	21
2.3.1	Caractéristiques de la couche de codage vidéo VCL . . . . .	21
2.3.1.1	Division en macro-blocs . . . . .	21
2.3.1.2	La prédiction dans la norme H.264 . . . . .	22
2.3.1.3	Codage par transformée . . . . .	23
2.3.1.4	La quantification . . . . .	23
2.3.1.5	Filtre anti-blocs . . . . .	23
2.3.1.6	Codage entropique . . . . .	24
2.3.2	La couche NAL . . . . .	25
2.4	Profils et niveaux . . . . .	25
2.5	Efficacité de Codage et outils de robustesse dans la norme H.264 . . . . .	26
2.5.1	Flexibilité de la taille des tranches . . . . .	27
2.5.2	Flexible Macrobloc Ordering (FMO) . . . . .	27
2.5.3	Insertion du contenu Intra-codé . . . . .	27
2.5.4	Références multiples . . . . .	27
2.5.5	Codage par partitions . . . . .	27
2.5.6	Tranches redondantes (RS : Redundant Slices) . . . . .	28
2.5.7	Les ensembles de paramètres . . . . .	28
2.5.8	Dissimulation d'erreurs . . . . .	28
2.6	Evaluation des erreurs de compression . . . . .	28
2.7	Conclusion . . . . .	29

---

<b>3</b>	<b>La norme IEEE 802.11 ou WiFi</b>	<b>31</b>
3.1	Introduction . . . . .	31
3.2	Présentation du (WLAN) . . . . .	31
3.2.1	Définition . . . . .	31
3.2.2	Avantages des WLAN . . . . .	32
3.2.3	Inconvénients des WLAN . . . . .	33
3.3	Le standard IEEE 802.11 . . . . .	33
3.3.1	L'évolution de la normes IEEE802.11 . . . . .	34
3.4	L'architecture du réseau Wifi . . . . .	34
3.4.1	L'architecture en couche . . . . .	34
3.4.1.1	La couche physique . . . . .	35
3.4.1.2	La couche liaison de données . . . . .	37
3.4.2	L'architecture cellulaire . . . . .	41
3.4.3	Équipements d'un réseau Wifi . . . . .	42
3.5	La norme IEEE 802.11g . . . . .	44
3.5.1	Performances et Caractéristiques . . . . .	45
3.6	Conclusion . . . . .	47
<b>4</b>	<b>Optimisation des paramètres de codage vidéo sur un réseau IEEE802.11g</b>	<b>49</b>
4.1	Introduction . . . . .	49
4.2	Le CoDec JM de JVT . . . . .	50
4.3	Applications et caractéristiques . . . . .	57
4.3.1	Applications en temps réel . . . . .	58
4.3.2	Applications de diffusion en continu (streaming) . . . . .	58
4.3.3	Applications de téléchargement de la vidéo . . . . .	59
4.4	Test des paramètres de configuration . . . . .	59
4.4.1	Applications en temps réel . . . . .	60
4.4.2	Applications de diffusion en continu (streaming) . . . . .	62
4.4.3	Applications de téléchargement de la vidéo . . . . .	63
4.5	Conclusion . . . . .	65
	<b>Conclusion</b>	<b>67</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>69</b>



---

# Liste des figures

1.1	Matrice de la conversion typique de l'espace RGB à l'espace YUV . . . . .	6
1.2	Matrice de la transformation inverse de l'espace YUV à l'espace RGB . . . . .	6
1.3	Modèle de système de compression vidéo . . . . .	8
1.4	Illustration de l'estimation et de la compensation de mouvements . . . . .	10
1.5	Compensation de mouvement entre deux images . . . . .	10
1.6	Illustration du calcul du VM . . . . .	11
1.7	Principe de la correspondance . . . . .	12
1.8	Mise en ordre des coefficients codés, par balayage en zigzag . . . . .	14
1.9	Exemple de construction du code de Huffman . . . . .	16
2.1	H.264 schéma de principe de l'encodeur . . . . .	20
2.2	Le schéma de principe du décodeur H.264/AVC . . . . .	21
2.3	Modes de partition d'un macrobloc . . . . .	23
2.4	Structure d'une séquence vidéo codée dans la norme H.264/AVC . . . . .	25
2.5	Les profils de la norme H.264/AVC . . . . .	26
2.6	Comparaison entre le H.264 et H.263 et allure typique de la courbe de débit- distorsion . . . . .	29
3.1	Les WLAN parmi les systèmes de transmission radio . . . . .	32
3.2	Logo de Wi-Fi . . . . .	33
3.3	Le modèle OSI de la norme 802.11 . . . . .	35
3.4	Les deux sous couches physique du standard 802.11 . . . . .	36
3.5	Technique du chipping . . . . .	37
3.6	Accès au médium en mode DCF . . . . .	38
3.7	Le principe du CSMA/CA et Backoff . . . . .	40

---

3.8	Principe du fonctionnement du PCF . . . . .	41
3.9	Réseau WLAN avec infrastructure . . . . .	42
3.10	Réseau WLAN Ad Hoc . . . . .	42
3.11	Carte WIFI PCMCIA et Carte Compact Flash . . . . .	43
3.12	Carte WIFI USB et PCI . . . . .	43
3.13	Exemples de point d'accès . . . . .	44
3.14	Un canal dans l'OFDM . . . . .	45
3.15	Variation de la vitesse en fonction de la distance du IEEE 802.11a, b et g . . . . .	46
3.16	La ressemblance entre les normes IEEE 802.11a,b et g . . . . .	46
4.1	Adaptation dynamique du paramètre de quantification QP . . . . .	61
4.2	SNR-Y en fonction des n° de trames codées pour les applications en temps réel	61
4.3	SNR-Y en fonction des n° de trames codées pour les applications de streaming	63
4.4	SNR-Y en fonction des n° de trames codées pour les applications de téléchargement . . . . .	64

---

# Liste des tableaux

1.1	Quelques formats usuels d'image et leurs caractéristiques . . . . .	8
1.2	Les valeurs de l'erreur quadratique moyenne (MSE) . . . . .	12
1.3	Principales normes de codage vidéo et leurs applications . . . . .	17
2.1	Structure du codage en Golomb Exponentiel . . . . .	24
3.1	Différentes catégories du standard IEEE 802.11 . . . . .	34
3.2	Concaténation canal-fréquence . . . . .	36
3.3	Caractéristiques du IEEE 802.11 . . . . .	44
3.4	Utilisateurs du réseau WLAN et leurs caractéristiques . . . . .	47
4.1	Résultats de l'application en temps réel . . . . .	60
4.2	Résultats de l'application du streaming . . . . .	62
4.3	Résultats de l'application du téléchargement . . . . .	64



---

# Introduction

Le développement connu dans les systèmes de communications mobiles, avec accès sur le réseau Internet, demande de plus en plus le développement d'applications de communications multimedia mobiles, où les signaux sonores et vidéo -qui font l'objet de notre étude dans ce mémoire- sont considérés comme essentiels. Les signaux vidéos sont très riches en informations et requièrent une bande passante assez large pour leurs transmission, ce qui pose beaucoup de contraintes lorsqu'ils sont transmis sur les réseaux sans fils. En effet, ces derniers imposent de sévères limitations de débit.

L'objectif du développement des techniques de compression vidéo est d'économiser les ressources de stockage ou l'optimisation de l'usage des canaux de communication. Les algorithmes utilisés par les techniques de compression pour réduire la bande passante requise sont basés sur diverses techniques telles que le codage prédictif et le codage entropique qui produisent des signaux codés qui sont malheureusement sensibles aux erreurs de transmission qui peuvent influencer la qualité de la vidéo décodée.

La transmission sur un réseau sans fil est aussi connue par un taux d'erreurs élevé. Donc, pour garantir une bonne qualité de service sur un tel réseau, chaque application doit contenir des moyens de protection contre les erreurs pour minimiser leur impact sur les signaux transmis.

La technologie WI-FI est le standard des réseaux sans fils (WLAN) qui est issue de la norme IEEE 802.11x permettant d'offrir un service haut débit tout en assurant une mobilité limitée de l'abonné. Le IEEE 802.11 est connu sous différentes versions dont les plus importantes sont IEEE 802.11a, IEEE 802.11b et IEEE 802.11g. Chaque version se distingue par ses caractéristiques de débit, de fréquence d'émission et du niveau de sécurité.

Plusieurs domaines d'applications et notamment la transmission de télévision numérique, la vidéo conférence et la vidéophonie intègrent la compression vidéo. Pour la normalisation des systèmes de compression vidéo, L'ITU-T et l'ISO/IEC sont les organismes les plus actifs au niveau international qui se sont réunis pour lancer le dernier standard de codage vidéo H264 ou MPEG-4.

Dans ce projet de fin d'études, notre objectif est d'étudier l'optimisation des paramètres d'une chaîne de transmission vidéo sur réseau IEEE802.11g. En effet, parmi les versions du

standard IEEE802.11, la version IEEE802.11g est la norme la plus flexible pour son déploiement, et H.264/AVC est la norme moderne de compression vidéo.

Le mémoire est organisé en quatre chapitres et une conclusion générale.

Dans le premier chapitre, nous présenterons une étude générale sur le codage de sources vidéo. Nous considérerons d'abord les différents types de redondances existants dans une séquence vidéo, puis nous définirons les systèmes RGB et YUV de représentation des images en couleurs. Les types de compression et les format vidéo usuels seront ensuite considérés. Le principe de la compression vidéo qui est basé sur un modèle temporel, un modèle spatial et un codage entropique sera ensuite expliqué en détails. Nous noterons que le modèle temporel permet d'éliminer la redondance temporelle par un codage basé sur l'estimation et la compensation de mouvement, et que le modèle spatial permet d'exploiter la redondance spatiale par application de la transformation DCT. Enfin le codage entropique, utilisé pour exploiter la redondance statistique en se basant sur le codage de Huffman, sera aussi considéré. Le chapitre se termine par une présentation des principales normes de codage vidéo et d'une conclusion.

L'étude de la norme H.264/AVC fait l'objet du deuxième chapitre. Le principe du CODEC H.264/AVC sera expliqué en premier, puis une étude plus détaillée des caractéristiques des couches VCL et NAL qui composent cette norme sera exposée. Nous citerons les niveaux et les profils qu'elle utilise et qui sont conçus pour différentes applications. Nous considérerons ensuite les aspects relatifs à l'efficacité et aux outils de robustesse qui sont intégrés dans la norme H.264. Nous introduirons en fin de ce chapitre une métrique servant d'outil pour l'évaluation des erreurs de compression et nous terminerons par une conclusion.

Dans le troisième chapitre, nous allons exposer la norme IEEE802.11 utilisée par le réseau Wifi. Commenant par une brève présentation du réseau WLAN, nous citerons les avantages et inconvénients de la cette norme. Nous exposerons par la suite les normes dérivant du standard IEEE802.11 et nous décrirons son architecture de deux points de vue différents : l'architecture en couche et l'architecture cellulaire. Les équipements utilisés dans cette norme seront aussi cités. Le chapitre inclut aussi une présentation des performances et des caractéristiques de la norme IEEE802.11g. Le chapitre se termine enfin par une conclusion.

L'optimisation des paramètres de codage vidéo est rédigée dans le quatrième et dernier chapitre. Nous introduirons d'abord le programme de référence JM (Joint Model) développé par l'équipe JVT (Joint Video Team). En considérant un système de transmission par paquets, nous citerons les applications possibles en identifiant les contraintes qui s'imposent sur chacune d'elles. Une sélection de paramètres appropriés pour chaque application sera alors proposée et les résultats de chaque sélection seront ensuite présentés et discutés. Puis nous conclurons enfin le chapitre.

En conclusion générale nous résumerons les résultats essentiels qui ont été obtenus et nous proposerons quelques perspectives.

## 1.1 Introduction

La compression vidéo ou compression de données est une méthode qui consiste à réduire la quantité de données, tout en minimisant l'impact sur la qualité visuelle de la vidéo. L'intérêt de la compression vidéo est de réduire les coûts de stockage et de transmission de fichiers vidéo qui, à l'état brut, sont très volumineux. Ceux-ci nécessitent alors une importante bande passante. La compression permet d'éliminer la redondance inhérente aux signaux vidéo. Donnons un exemple. Pour coder une séquence vidéo avec une succession d'images monochrome de qualité standard à 256 niveaux de gris, de résolution 512x512, après être passé par une numérisation et un codage sur 8 bits, requiert une mémoire de  $512 \times 512 \times 8 = 2097152$  bits. Si la cadence d'émission est de 25 images par seconde, ceci résulte en un débit de  $512 \times 512 \times 8 \times 25 = 52,428$  Mbps qui, dans le cas des images entrelacées, nécessite un canal de transmission de largeur ( $52,428/2 \simeq 26$  Mhz).

Dans les missions spatiales lointaines, la faible puissance des émetteurs embarqués limite généralement le débit d'information à 10 bits/s. Dans ces conditions, la transmission d'une image durerait  $512 \times 512 \times 8 / 10 \times 3600 = 55,55$  heures [1], d'où la nécessité de réaliser une compression efficace pour les signaux vidéo et réduire le volume des données à transmettre.

Dans ce chapitre, nous étudierons les principes de la compression vidéo. Dans la section 1.2 on parlera des différents types de redondances, puis dans la section 1.3 nous définirons l'espace de représentation des signaux vidéo et nous exposerons les types de compression dans la section 1.4. Les formats usuels d'image seront cités dans la section 1.5 et le principe du codage vidéo est détaillé dans la section 1.6. Enfin, nous citerons les principales normes de compression vidéo dans la section 1.7. Le chapitre se termine par une conclusion qui est donnée dans la section 1.8.

## 1.2 Les types de redondance

La redondance est l'ensemble des données qui se répètent dans une séquence vidéo et qu'on peut soustraire sans influencer sa qualité. La redondance des données est un élément essentiel dans le domaine de la compression vidéo. Essentiellement, les cinq types de redon-

dance suivants peuvent être cités.

### **1.2.1 La redondance spatiale**

C'est une propriété de chacune des images formant une séquence vidéo donnée. Elle est due à la relation qui existe entre les pixels d'une image donnée. Ce type de redondance est éliminé par prédiction spatiale. La prédiction spatiale consiste à prédire la valeur d'un pixel à coder à partir des valeurs des pixels environnants et qui ont été déjà codés. C'est alors la différence entre la valeur réelle du pixel à coder et celle de la prédiction formée qui est en fait codée et transmise. Ceci réduit considérablement le volume de l'information à transmettre.

### **1.2.2 La redondance temporelle**

Dans une vidéo, on trouve une grande dépendance entre deux images voisines quelconques. Cette propriété est la redondance temporelle. Cette redondance peut être éliminée par prédiction temporelle, où une copie de l'image à coder est formée par prédiction à partir des images qui ont été déjà codées, puis soustraite à partir de la première pour ainsi former une image d'informations résiduelles. La prédiction est ainsi basée sur l'estimation et la compensation de mouvement. Il suffit alors de coder seulement ces informations résiduelles, en les accompagnant des informations donnant le déplacement relatif de l'image prédite par rapport à l'image de référence. Cette information de déplacement constitue les vecteurs de mouvement.

### **1.2.3 La redondance spectrale**

La redondance spectrale est due à la corrélation entre les pixels qui se trouvent dans la même position dans les différentes bandes constituant l'image. Cette redondance spectrale peut être supprimée soit par exploitation du décalage entre les valeurs des pixels dans la même position dans les bandes selon la dimension spectrale, soit par transformation de l'image de l'espace primaire RGB à l'espace secondaire YUV.

### **1.2.4 La redondance psychovisuelle**

Appelée aussi redondance subjective, cette propriété exploite la faiblesse du système visuel humain pour coder une vidéo ; elle consiste à coder les détails significatifs pour notre système visuel avec un nombre de bits limité, tout en négligeant les détails non apparents pour un observateur non averti.

### 1.2.5 La redondance statistique

Comme son nom l'indique, elle est définie par le caractère statistique d'émission des symboles par une source d'où la différence dans leurs fréquences d'apparition. Pour l'éliminer on utilise le codage entropique qui est basé sur le fait d'associer un mot de code court pour les symboles qui se répètent souvent et un mot de code plus long pour les symboles qui se répètent rarement.

## 1.3 Espace de représentation d'une image

On peut représenter une image dans le plan à deux dimensions avec une fonction  $I(x,y)$ , et à trois dimension avec une fonction  $I(x,y,\text{troisième composante})$ , dans le cas d'une séquence vidéo ; la troisième composante est représentée par le temps  $t$ . Il existe deux modèles intéressants pour une bonne représentation des images en couleur qu'on va résumer par la suite.

### 1.3.1 Modèles RGB et YUV des images couleurs

La meilleure façon pour représenter une image est de représenter la luminosité et la couleur de ses pixels en utilisant un *espace de représentation* qui peut s'exprimer sous forme de deux modèles, RGB et YUV.

Le modèle RGB représente l'image par trois bandes spectrales des couleurs primaires RGB (Red, Green, Blue) qui portent des détails significatifs pour l'œil humain. Toutes les autres couleurs peuvent être obtenues par mélange de ces trois couleurs primaires. La luminosité des pixels est déterminée par l'intensité de ces couleurs principales.

Cette méthode qui contient de la redondance subjective n'est pas adéquate pour une bonne représentation des pixels à cause de la forte corrélation spectrale entre les trois bandes. Donc pour une compression efficace il faut réduire la redondance subjective en séparant les informations de luminosité des informations de couleur.

Pour résoudre le problème posé par le modèle RGB, on utilise un autre modèle défini par l'espace YUV. L'information de luminosité est alors portée par le signal de luminance  $Y$  qui est séparée des signaux de chrominance  $U$  et  $V$ .

La conversion de l'espace YUV vers l'espace RGB est exprimée mathématiquement comme suit :

$$\begin{array}{|c|} \hline Y \\ \hline U \\ \hline V \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|ccc|} \hline 0.299000 & 0.587000 & 0.114000 \\ \hline -0.168736 & -0.331264 & 0.500002 \\ \hline 0.500000 & -0.418688 & -0.081312 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline R \\ \hline G \\ \hline B \\ \hline \end{array}$$

**Figure 1.1 :** Matrice de la conversion typique de l'espace RGB à l'espace YUV  
[1]

Pour l'affichage de l'image sur écran il faudra retourner vers l'espace RGB. La transformée inverse s'exprime par la relation matricielle suivante :

$$\begin{array}{|c|} \hline R \\ \hline G \\ \hline B \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|ccc|} \hline 1.00000 & 0.00000 & 1.40210 \\ \hline 1.00000 & 0.34414 & 0.71414 \\ \hline 1.00000 & 1.77180 & 0.00000 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline Y \\ \hline U \\ \hline V \\ \hline \end{array}$$

**Figure 1.2 :** Matrice de la transformation inverse de l'espace YUV à l'espace RGB  
[1]

### 1.3.2 Le sous échantillonnage

Comme nous l'avons noté ci-dessus, le signal de luminance Y est le signal le plus significatif pour l'oeil humain, tandis que les détails les moins significatifs sont contenus dans les signaux de chrominance U et V. Dans le but de rendre la compression plus efficace par diminution du nombre d'échantillons, on soumet les signaux de chrominance U et V à un sous-échantillonnage. On utilise alors la notation Y : U : V. Par exemple, dans la HDTV (High Definition TV) on utilise le modèle 4 : 4 : 4 qui signifie : pour 4 pixels Y il y'a 4 pixels U et 4 pixels V. Dans la production en couleurs de haute qualité le sous échantillonnage nous donne le modèle 4 : 2 : 2 qui signifie : pour 4 pixels Y il y'a 2 pixels U et 2 pixels V, le modèle qui permet une compression très poussée le plus utilisé actuellement dans la télévision digitale .

## 1.4 Types de compression

On peut classer les méthodes de compressions selon plusieurs critères, mais il est souvent convenable de les classer par référence à la théorie de l'information. De ce point de vue, on distingue la compression sans perte et la compression avec perte. Puisque c'est cette dernière qui nous donne un taux de compression plus important, elle est plus pratique pour la

compression vidéo.

### 1.4.1 La Compression sans pertes

La compression est dite sans perte si après la décompression on trouve aucune perte sur l'information compressée, elle est généralement utilisée pour la compression des fichiers texte ou binaire, mais le taux de compression est malheureusement très faible. Ce type de compression est aussi appelé *compression réversible*.

C'est cette technique que la majorité des logiciels de compression utilisent. Les exemples de fichiers compressés à base de cette technique ont les extensions ace, arc, Zip, rar, 7z...

### 1.4.2 La Compression avec pertes

La compression avec perte est utilisée pour la compression des données visuelles ou sonores, car les modifications qu'on va avoir après décompression et qui sont dues aux pertes, ne seront pas détectées par le système visuel humain. Pour le codage d'une vidéo avec ce type de compression, il suffit de coder l'image de telle sorte qu'on réduit la quantité de données et garder la ressemblance entre l'originale et l'image codée par rapport à l'œil humain.

## 1.5 Formats vidéo usuels

Pour déterminer le format vidéo, il faut connaître la résolution horizontale et verticale de l'image. Actuellement, il existe trois types de formats images :

- Le format CIF (Common Intermediate Format) de 30 trames par seconde, utilisé dans la plupart des applications communes de codage vidéo.
- Le format QCIF (Quarter CIF). Sa résolution est la moitié de celle du format CIF. Elle est de 15 trames par seconde et utilisée en vidéo téléphonie ou de vidéoconférences.
- Le format du groupe ITU-R 601 de 30 trames par seconde, utilisée pour les émissions numériques TV grand public.

Le tableau 1.1 représente les formats précédemment cités et leur utilisation.

Format d'image	Résolution luminance	Résolution chrominance	Débit (M échantillons/sec) à 25 Image/sec
16CIF	1408x1152	704x576	60.8
IUT-R601	858x525	429x525	22.5
4CIF	704x576	352x288	15.2
CIF	352x288	176x144	3.8
QCIF	176x144	88x72	0.95
Sub-QCIF	128 x96	64x48	0.46

Tableau 1.1 : Quelques formats usuels d'image et leurs caractéristiques

## 1.6 Principes de la compression vidéo

On peut définir un système de compression vidéo comme représenté sur la figure 1.3 par trois modèles : *le modèle temporel* qui repose sur la redondance temporelle, *le modèle spatial* qui exploite la redondance spatiale et *le codage entropique* qui s'occupe de la redondance statistique.

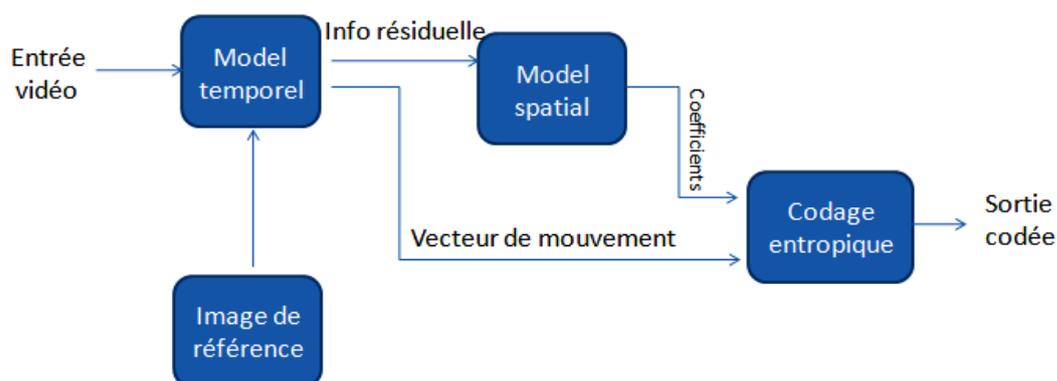


Figure 1.3 : Modèle de système de compression vidéo

[2]

La première phase de compression consiste d'abord en un processus de prédiction, pris en charge par le modèle temporel. Nous pouvons distinguer, en fait, entre la prédiction temporelle et la prédiction spatiale. Dans la prédiction temporelle, le principe est de former une prédiction de l'image courante  $T_i$  à coder en utilisant une des images de référence  $T_{i-1}$  qui ont été déjà codées. C'est la différence entre ces deux images, qui forme ce qu'on appelle l'*image résiduelle* qui est alors codée et transmise. Dans la prédiction spatiale, l'image à coder est

divisée en blocs et chaque code est codé en calculant la différence entre le bloc à coder et un bloc prédit à partir de la même image. On dit qu'une image est codée en mode *intra* si elle est basée sur une prédiction spatiale et qu'elle est codée en mode *inter* si elle est basée sur la prédiction temporelle.

Le modèle spatial traite l'image résiduelle à coder. Il est formée par une suite d'opérations consistant en une transformation du domaine temporel vers le domaine fréquentiel puis d'une quantification des coefficients de la transformation. La transformation employée est souvent la DCT (Discrete Cosine Transform). Celle-ci élimine la plus grande partie des coefficients obtenus dans le domaine temporel car dans le domaine fréquentiel les coefficients les plus significatifs sont ceux qui représentent les basses fréquences.

Après rearrangement des coefficients de la DCT, le codage entropique exploite la redondance statistique caractérisant ces derniers pour représenter chacun d'eux par une série de bits de sorte à minimiser la taille globale (en termes du nombre de bits) du signal vidéo à transmettre. Notons que ce codage est aussi appliqué aux vecteurs de mouvement.

### 1.6.1 Le modèle temporel

Ce codage est basé sur le codage prédictif qui consiste à calculer la différence entre l'image à coder et l'image prédite à partir de l'image stockée en mémoire pour former une image résiduelle. Le codage prédictif ne se fait pas sur l'image entière mais en la divisant en blocs de  $M \times N$  pixels et en traitant chaque bloc séparément selon la procédure suivante :

#### 1.6.1.1 Estimation de mouvement ME

L'estimation du mouvement ME (Motion Estimation) est un processus qui consiste à déterminer le vecteur de déplacement du centre du bloc courant, en se déplaçant dans une zone de recherche qui se trouve dans une image de référence. Pour cela une comparaison est effectuée entre chaque bloc de  $M \times N$  pixels situé dans la zone de recherche avec le bloc à coder. Le bloc prédit est pris comme étant celui qui présente la plus grande ressemblance, une estimation de mouvement est illustrée sur la figure 1.4.

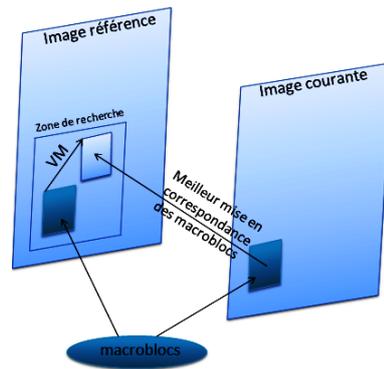


Figure 1.4 : Illustration de l'estimation et de la compensation de mouvements [3], [4]

La différence est calculée selon l'expression 1.1.

$$\frac{1}{M.N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |C_{ij} - R_{ij}| \quad (1.1)$$

Où  $C_{ij}$  est la valeur du pixel dans l'image courante et  $R_{ij}$  désigne la valeur du pixel correspondant dans l'image de référence.

### 1.6.1.2 Compensation de mouvement MC

Le bloc prédit étant identifié sur une image de référence, la compensation de mouvement consiste à créer *effectivement* le bloc résiduel qui est la différence entre le bloc prédit et le bloc à coder. C'est le bloc résiduel qui est alors codé et transmis ; un vecteur de mouvement décrivant le déplacement entre le bloc à coder et le bloc prédit est aussi codé et transmis. Dans la figure 1.5, on donne un exemple de léger mouvement entre deux trames entières, montrant un motif type de vecteurs de mouvement.



Figure 1.5 : Compensation de mouvement entre deux images [5]

### 1.6.1.3 Calcul du vecteur de mouvement VM

Le vecteur de mouvement est défini par l'écart entre la position du bloc à coder et le bloc prédit. Dans les régions homogènes on utilise des blocs de taille standard  $16 \times 16$  pixels alors que dans les régions complexes qui contiennent plus de détails on divise les blocs en sous-blocs de taille  $8 \times 8$  ou  $4 \times 4$  pixels.

La méthode consiste donc à rechercher dans l'image de référence  $I(t-1)$ , le bloc correspondant en explorant une zone de recherche dans toutes les directions et la position pour laquelle l'erreur quadratique moyenne MSE est minimale détermine le vecteur de mouvement.

Si  $(i_1, j_1)$  et  $(i_2, j_2)$  désignent respectivement les coordonnées du centre du bloc dans l'image de référence  $I(t-1)$  et l'image courante  $I(t)$ , alors on définit les composantes du vecteur mouvement du point  $P_1(i_1, j_1)$  dans l'image  $I(t-1)$  au point  $P_2(i_2, j_2)$  dans l'image  $I(t)$  par  $(D = dx + dy)$  d'où  $P(i, j)$  est le centre d'un bloc,  $dx = i_2 - i_1$ ,  $dy = j_2 - j_1$ .

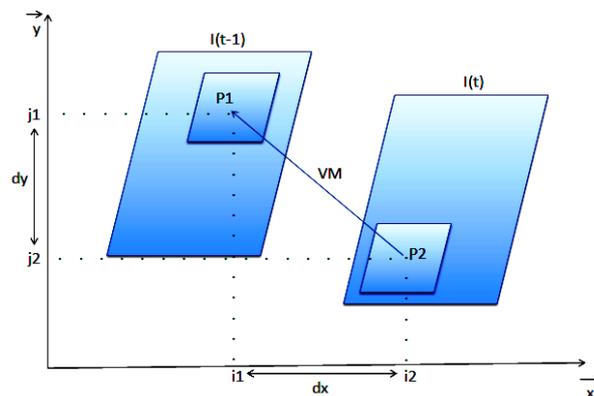


Figure 1.6 : Illustration du calcul du VM

#### Exemple : [1]

Prenons un exemple simple d'une image courante  $F_n$  divisée en blocs qu'on veut coder en se basant sur les blocs d'une image de référence  $F_{n-1}$ . La figure 1.7 suivante montre le principe de la correspondance.

Dans (a) on montre le bloc courant de  $3 \times 3$  pixels à correspondre. Dans (b) se trouvent représentés la zone de recherche qui est un tableau de  $5 \times 5$  pixels, le bloc courant en pointillés gras occupant la position centrale  $(0, 0)$ , le bloc courant en trait gras en position finale  $(1, 1)$ , la flèche en trait gras indique le vecteur mouvement (MV) du bloc courant qui s'est déplacé de la position  $(0, 0)$  en position  $(1, 1)$  dans la zone de recherche, et enfin la flèche en trait fins indique la hiérarchie du balayage en spirale. Dans la figure (c) se trouvent les coordonnées des différentes positions du centre du bloc courant à correspondre dans la zone de recherche.

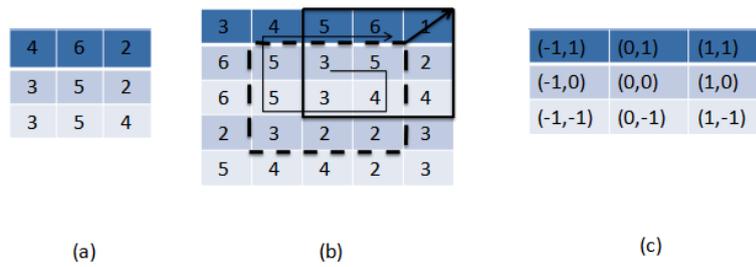


Figure 1.7 : Principe de la correspondance

[1]

Le calcul de l'erreur quadratique moyenne (MSE) est effectué pour chaque position du bloc pendant le balayage en spirale ne dépassant pas  $\pm 1$  pixel. Les valeurs du MSE calculées pour chaque position dans la zone de recherche sont données dans le tableau 1.2.

D'après les calculs du MSE on trouve la valeur minimale 0.33 pour la position (1, 1) dans l'image de référence, c'est-à-dire que le bloc courant qui était en position (0, 0) dans l'image courante s'est déplacé de  $dx = 1$  et  $dy = 1$  pour se retrouver en position (1, 1) dans l'image de référence. Donc on parvient à l'estimation de mouvement dont le vecteur de déplacement est  $D = [1, 1]^T$ .

Positions (x, y)	(0,0)	(1,0)	(1,-1)	(0,-1)	(-1,-1)	(-1,0)	(-1,1)	(0,1)	(1,1)
MSE	4.88	2	3.44	3.22	1.77	2.55	3.66	4.66	0.33

Tableau 1.2 : Les valeurs de l'erreur quadratique moyenne (MSE)

[1]

## 1.6.2 Le modèle spatial

Le modèle spatial est composé principalement d'une DCT suivie d'une quantification et d'un ré-arrangement. La DCT permet en fait de réduire la corrélation entre les échantillons contenus dans l'information résiduelle. Cette suite d'opérations est en quelque sorte détaillée ci-dessous.

### 1.6.2.1 La transformation DCT

Les techniques de compensation de mouvement sont utilisées afin de retirer la corrélation temporelle [6]. En revanche, il existe un nombre de techniques de codage par transformations orthogonales telles que la transformée DWT (Discrete Wavelet Transform) et la transformée en cosinus discret DCT (Discrete Cosine Transform) qui permettent de diminuer la *corrélation spatiale* au sein d'une image.

La DCT est la plus utilisée. Ce type de codage est considéré comme un codage avec pertes. Comme la plus grande partie de l'énergie est concentrée dans les coefficients DC de basses

fréquences, la DCT permet d'attribuer peu de bits pour coder les coefficients AC de hautes fréquences dont l'énergie tend vers zéro. Ceci résulte en moins de coefficients DCT à coder. Soit  $X$  un bloc de  $N \times N$ . Pour calculer sa transformé  $Y$  on applique les relations 1.2, 1.3 et 1.4.

$$Y = F X F^T \quad (1.2)$$

$$F_{kl} = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{N}} \cos \frac{\pi}{N} K(l + \frac{1}{2}) & \forall l=0 \rightarrow N-1 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & k = 0, \forall l = 0 \rightarrow N-1 \end{cases} \quad (1.3)$$

$$X = F^T Y F \quad (1.4)$$

D'ou  $F_{kl}$  sont des coefficients constants.

### 1.6.2.2 La quantification

Après avoir obtenu les coefficients transformés par la DCT, la quantification permet de rejeter toute information qui parait visuellement non significative. Puisque l'oeil humain est sensible plutôt aux basses fréquences, il est indispensable de séparer les coefficients à basses fréquences de ceux qui représentent les hautes fréquences. C'est ainsi que la quantification est appliquée après la DCT de sorte à pouvoir adapter la quantification en conséquence. Diverses techniques de quantification existent, incluant la quantification uniforme, non-uniforme, vectorielle, optimale et adaptative ...

Dans le cas de la compression vidéo, la quantification uniforme (pas de quantification est fixe) est la plus utilisée. L'opération directe de quantification est régie par la relation générale 1.5.

$$Z_{ij} = \text{round} \left\lfloor \frac{Y_{ij}}{Q_{step}} \right\rfloor \quad (1.5)$$

Où  $Y_{ij}$  c'est le coefficient transformé,  $Z_{ij}$  représente la valeur quantifiée et  $Q_{step}$  signifie le pas de quantification qui est généralement faible pour les basses fréquences ce qui permet de conserver les détails de chrominance portés par les basses fréquences.

Après le seuillage du coefficient  $Y_{ij}$  qui consiste à éliminer même les coefficients inférieurs à un seuil tolérable [1] et à l'aide d'un facteur multiplicatif PF on obtient l'équation 1.6.

$$Z_{ij} = \text{round} \left\lfloor W_{ij} \frac{PF}{Q_{step}} \right\rfloor \quad (1.6)$$

D'où,  $W_{ij}$  sont les coefficients  $Y_{ij}$  qui incorporent aussi toutes corrections nécessaires pour avoir des coefficients entiers [7].

### 1.6.2.3 Le réarrangement des coefficients

D'après la transformation DCT et la quantification, le résultat sera un grand nombre de coefficients nuls et d'autres coefficients qui sont dispersés dans le bloc résiduelle correspondent aux basses fréquences. Pour faciliter le codage, il est plus agréable de réarranger les coefficients en classant les plus significatifs au début, suivis des coefficients nuls.

L'opération de ré-arrangement se fait avec un balayage en zigzag comme le montre la figure 1.8 ci-dessous.

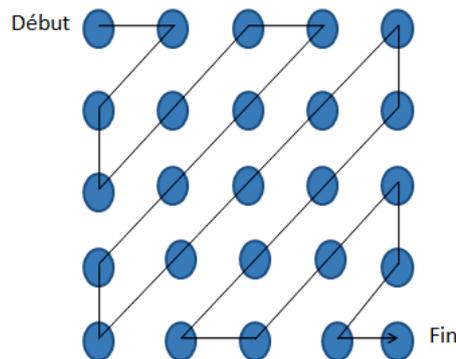


Figure 1.8 : Mise en ordre des coefficients codés, par balayage en zigzag

## 1.6.3 Le codage entropique

Durant le processus de codage entropique, les coefficients sont représentés par des *mots de code à longueurs variables*, ce qui veut dire que chacun est représenté par un nombre de bits différent.

Le codage entropique réduit le nombre moyen de bits employés pour représenter l'information vidéo compressée par l'utilisation de moyens tels que les codes VLC, où les mots de code les plus long sont associés aux symboles (ici coefficients de la DCT) les moins fréquents.

Il existe deux principales techniques utilisées dans le codage entropique, le codage arithmétique et le codage de Huffman. Ci-dessous, nous exposons le codage de Huffman qui est le plus utilisé dans la compression vidéo.

### 1.6.3.1 Codage de Huffman

Dans ce codage, le code VLC utilisée est le code uniquement décodable qui peuvent être décodés sans ambiguïté. Pour un décodage plus rapide, on utilise le code uniquement décodable *sans préfixe*. Les codes sans préfixes satisfont toujours à l'*inégalité de kraft* qui est énoncée ci-dessous.

Rappelons que le codage de Huffman associe à un symbole  $x_i$  un code VLC de longueur  $l_i$  vérifiant la propriété exprimée par l'équation 1.7.

$$l_0^* \dots l_{N-1}^* = \arg \min_{l_0^* \dots l_{N-1}^*} \sum_{i=0}^{N-1} p(x_i) \cdot l_i \quad (1.7)$$

Ce code permet de se rapprocher de l'entropie  $H(x)$  (qui est le minimum de nombre de bit utilisé pour reconstituer un signal sans distorsion) mais ne permet pas de l'atteindre en général sauf dans le cas de lois de probabilité du type

$$x_i = 2^{-l_i} \quad (1.8)$$

**Inégalité de Kraft** [8]. Tout code sans préfixe doit satisfaire à l'inégalité 1.9.

$$\sum_{i=0}^{N-1} p(x_i) \leq 1 \quad (1.9)$$

La controverse est aussi vraie, c'est à dire que si un code ayant les longueurs  $l_i$  satisfait à l'inégalité de Kraft alors celui-ci est un code sans préfixe.

On appelle code optimal, un code dont la longueur moyenne  $\bar{l}$  vérifie

$$\bar{l} = H(x) \quad (1.10)$$

### *L'algorithme de Huffman*

L'algorithme de Huffman [9] suit la procédure suivant :

1. Lister les symboles de la source selon une probabilité décroissante.
2. Additionner les probabilités des deux symboles ayant les probabilités les plus faibles et réordonner les symboles avec ces probabilités résultantes ; cette étape est appelée réduction de niveau 1. La même procédure est répétée jusqu'à ce qu'il ne reste plus que deux probabilités ordonnées.
3. Commencer le codage avec la dernière réduction qui correspond à deux probabilités ordonnées. Assigner "0" comme premier chiffre dans les mots du code pour tous les symboles associés à la première probabilité ; assigner "1" à la seconde probabilité.
4. Retourner à l'étape précédente et assigner "0" au premier et "1" au second chiffre aux deux probabilités qui ont été additionnées dans la précédente étape de réduction en conservant les affectations faites à l'étape 3.

5. Répéter ce processus jusqu'à la première colonne.

Un exemple de codage de Huffman est montré dans la figure 1.9.

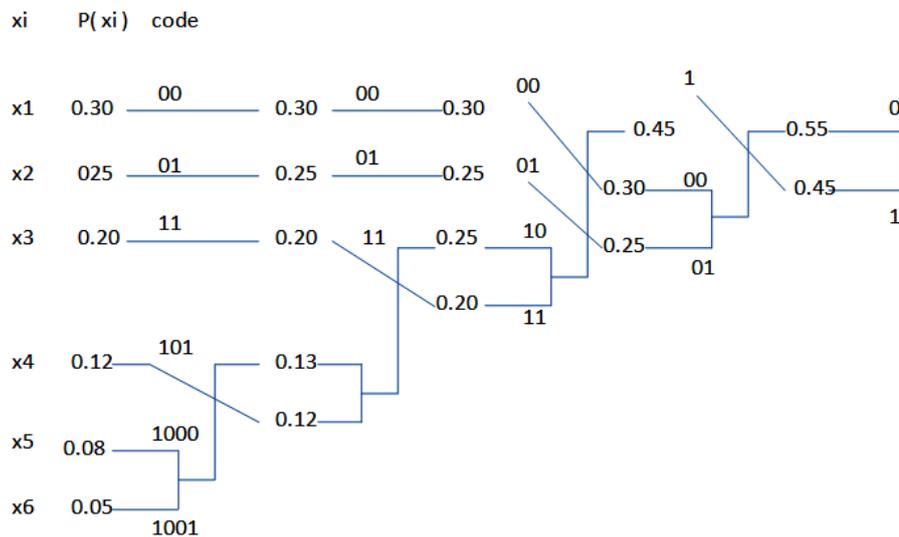


Figure 1.9 : Exemple de construction du code de Huffman

## 1.7 Les normes vidéo

La diversité des applications liées à l'imagerie numérique nécessite l'utilisation de signaux vidéo numériques différentes en raison des contraintes de débit, de stockage de capacité d'affichage, etc... [8]

Chaque format est caractérisé par ses fréquences d'échantillonnage spatiale et temporelle (nombre de pixels par lignes, nombre de lignes, nombre d'images par seconde) et par sa structure d'entrelacement (entrelacé, progressif).

Dans cette section on se propose de décrire les principales caractéristiques des normes de compression vidéo *MPEG* développées par l'ISO et les normes *H26\** créés par l'ITU-T pour atteindre des facteurs de compression élevés.

Pour les images fixes, la dernière norme développée est le *JPEG* (Joint Photographic Experts Group) et chaque norme de compression vidéo utilise quelques formats et pas l'ensemble des formats images.

En 1988, l'ISO qui s'intéresse à la compression de séquences audiovisuelles a créé le groupe MPEG (Moving Picture Expert Group), le MPEG-1 est fait pour les applications CD-I, CD-vidéo. En 1995 le MPEG-2 a été lancé pour l'utiliser en TVHD-télévision à haute définition et enfin le MPEG-4 qui est utile dans plusieurs applications a été publié en 1999.

les normes H.261, H.263 et H.263+ sont développées respectivement en 1990, 1996 et 1998.

La norme H.261 est définie pour des débits de  $(p \times 64)Kbits/sec$  avec  $p = 1 \dots 30$ . Elle est utilisable pour les applications de vidéotéléphonie sur lignes ISDN, le H.263 est pour les applications à très bas débit (inférieur à  $64kbits/s$ ) comme les vidéoconférence et le H.264/AVC qui est le dernier standard de codage vidéo et qu'on va étudier dans le prochain chapitre. le tableau 1.3 suivant présente les principales normes de codage vidéo et leurs applications.

Norme	Débit typique	Applications
H.261	64 Kbps	Visioconférence (ISDN)
MPEG-1	1,5 Mbps	Video a la demande (Internet) Stockage et lecture (CD-ROM) Visioconférence (WAN)
MPEG-2 / H.262	1,5 Mbps 1,5 - 9,72 Mbps 10 - 20 Mbps	Stockage et lecture (CD-ROM) Stockage et lecture (DVD) TVHD
H.263	64 Kbps 1,5 Mbps	Visioconférence (ISDN) Visioconférence (WAN)
MPEG-4 & H.264	64 Kbps 56 kbps - 1 Mbps 1 Mbps 6 Mbps	Visioconférence (ISDN) Video a la demande (Internet) Stockage et lecture (CD-ROM) TVHD

Tableau 1.3 : Principales normes de codage vidéo et leurs applications

[10]

## 1.8 conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu que la compression d'une source vidéo passe par plusieurs étapes pour éliminer les différentes redondances qui peuvent exister dans une source d'information vidéo. Pour une bonne représentation d'image, les modèles les plus utilisés sont RGB et YUV. Toutefois, nous avons notés que la représentation *YUV* est plus avantageuse en termes de taux de compression qu'elle peut offrir. Les normes de compressions que nous avons revu dans la dernière section et qui sont fondées sur le codage prédictif par estimation et compensation de mouvement, le codage par transformation et le codage entropique, sont développées pour atteindre le meilleur rapport débit-distorsion possible d'une vidéo codée. Dans le prochain chapitre nous allons nous intéresser particulièrement à la norme H.264.



## 2.1 Introduction

Dans les dernières dizaines d'années, le pilier technique des systèmes de télévision numérique du monde entier est la norme de codage vidéo MPEG-2 qui permet une transmission efficace des signaux TV via satellite, câble et canaux hertziens.

En 1998, le groupe VCEG (Video Coding Experts Group UIT-T) s'est lancé dans un projet appelé H.26L en vue de multiplier par deux l'efficacité du codage par rapport à n'importe quelle norme de codage vidéo existante.

La norme H.264, ou MPEG-4 AVC, publiée en 2003, est devenue partie intégrante de la nouvelle génération de supports vidéo haute définition (HD-DVD, Blu-Ray) ainsi que d'autres applications comme la vidéo-téléphonie, la vidéoconférence, le stockage et la radiodiffusion, etc.. [6]. Cette norme de codage permet d'atteindre un bien meilleur taux de compression que toutes les normes précédentes avec un débit deux ou trois fois moindre pour la même qualité au décodage.

Dans ce chapitre nous décrivons les principales caractéristiques de la norme H.264. Nous allons entamer le chapitre par un résumé sur le principe du codec H.264, puis nous étudierons son architecture en citant les caractéristiques principales dans la deuxième section. Nous expliquerons les notions de profils et niveaux dans la 3<sup>ème</sup> section. L'efficacité du système est considérée dans la 4<sup>ème</sup> section en résumant les performances améliorées apportées par la norme H264. Ce chapitre se termine par une conclusion dans la section 5.

## 2.2 Le principe du CODEC(COdeur/DECodeur) H.264

La norme H.264/AVC contient une *couche de codage vidéo (VCL)*, qui représente efficacement le contenu vidéo, et une *couche d'abstraction de réseau (NAL)*, qui formate la représentation VCL de la vidéo et fournit des informations d'en-tête pour être acheminées par les *couches de transport* ou des *supports de stockage* particuliers.

Comme toutes les normes précédentes, elle repose sur l'approche dite hybride basée sur un codage par blocs. Le codage de la source est un hybride de prédiction inter-images

pour exploiter les redondances temporelles et de codage par transformée de l'information résiduelle pour exploiter les redondances spatiales intra-images.

La figure 2.1 représente le principe de l'encodeur H.264/AVC.

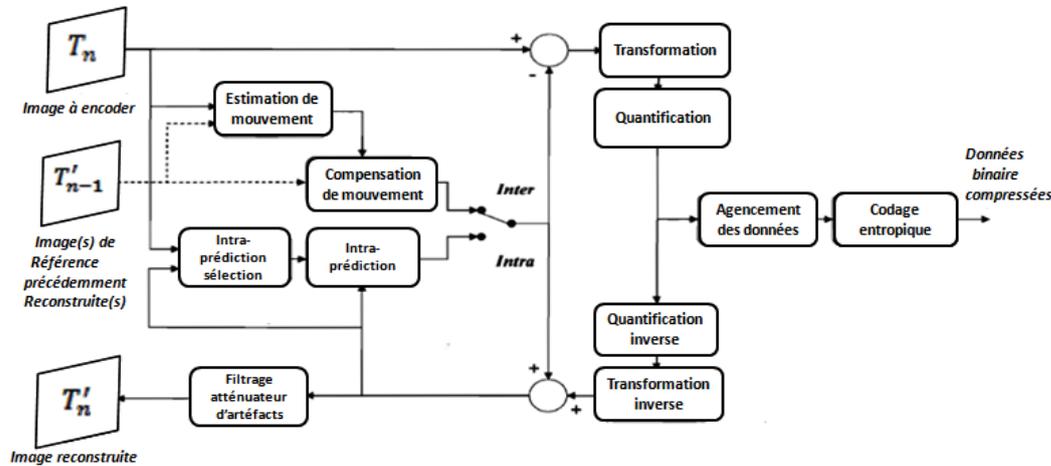


Figure 2.1 : H.264 schéma de principe de l'encodeur

[6]

Le fonctionnement de l'encodeur peut se résumer en quelques étapes. Une image  $T_n$  qui est divisée en macro-blocs est à coder à l'instant  $n$ . Dans ce cas, le mode Inter ou Intra peuvent être utilisés. La prédiction d'un MB de l'image à coder se fait à partir des blocs d'une image de référence  $T'_{n-1}$  qui a été précédemment codée, puis décodée et stockée en mémoire. Si la prédiction est faite à partir d'un bloc de la même image, on dit qu'elle est en mode Intra, et si la prédiction se fait à partir d'un bloc d'une autre image de référence, c'est le mode inter.

La différence entre le bloc prédit et celui de référence nous donne un bloc résiduel qui va subir une transformation et donner par la suite des coefficients auxquels une quantification est appliquée suivie d'un agencement des données et d'un codage entropique. Le flux binaire qu'on va avoir en sortie passe alors dans la couche NAL où il est organisé en paquets et rangés pour le stockage ou la transmission.

Pour décoder l'image  $T_n$ , l'encodeur H.264/AVC contient dans sa structure un décodeur. La figure 2.2 représente le principe du décodeur H.264/AVC. Le décodeur reçoit à son entrée les données binaires qui se situent dans la couche NAL et suit alors une procédure inverse de celle de l'encodeur. La première étape du décodage consiste à retrouver les symboles représentant les coefficients quantifiés auxquels une quantification inverse est ensuite appliquée. La quantification est suivie d'une transformation inverse pour régénérer le bloc résiduel auquel le bloc prédit est ajouté, résultant au bloc original. Le bloc décodé est ensuite filtré et envoyé pour affichage de l'image  $T'_n$ .

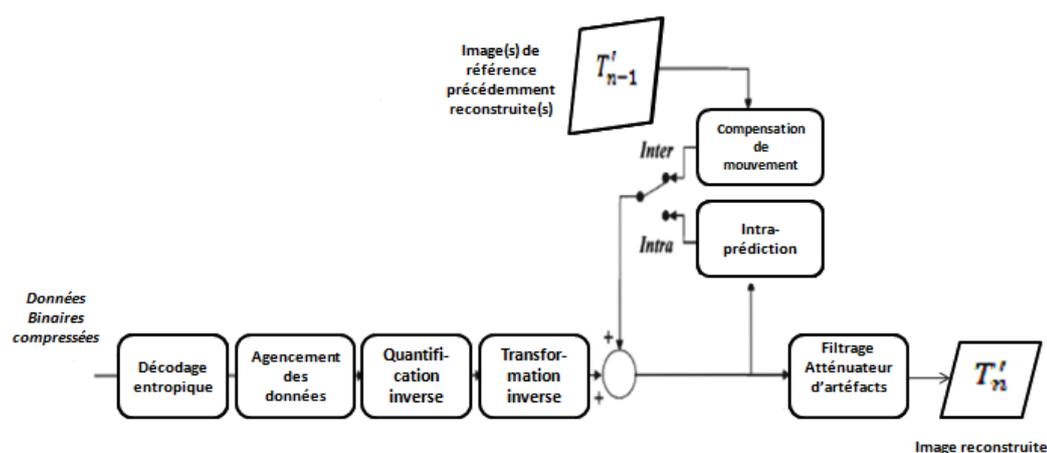


Figure 2.2 : Le schéma de principe du décodeur H.264/AVC

[6]

## 2.3 Etude de la norme H.264/AVC

H.264/AVC distingue deux différentes couches. Dans les sous sections suivantes, nous allons accéder aux caractéristiques de chaque couche.

### 2.3.1 Caractéristiques de la couche de codage vidéo VCL

les principales caractéristiques de la couche de codage VCL sont :

#### 2.3.1.1 Division en macro-blocs

L'image vidéo est une image sectionnée en macro-blocs de tailles fixes. Un macro-bloc est décrit par  $16 \times 16$  échantillons de luminance et  $8 \times 8$  échantillons des deux composantes de chrominance. Le codage d'une image se fait en la divisant en *tranches* (slices) qui représentent en général des parties de l'image pouvant être décodées indépendamment les unes des autres. Une tranche est donc constituée de un ou plusieurs macro-blocs

La norme H.264/AVC prend en charge cinq types de tranches. On distingue les tranches de type **I (Intra)**, les tranches de type **P (prédicatif)**, les tranches de type **B (Bi-prédiction)** et enfin les tranches de types **SP (commutation P)** et **SI (commutation I)**.

#### ◆ Prédiction intra-image I

Dans le cas de la prédiction Intra, tous les macro-blocs sont codés séparément par rapport à d'autres images de la séquence vidéo, d'où pour coder une image, il n'est fait référence qu'aux informations contenues dans l'image elle-même. Le taux de compression des images I est faible, donc nécessitant un grand débit [1].

#### ◆ Compensation dans les tranches P

Pour coder les macro-blocs d'une tranche P, on utilise le codage prédictif multi-images par

estimation et compensation de mouvement. Le signal de prédiction pour chaque bloc est obtenu à partir de une ou plusieurs images de référence de type I ou P. Les paramètres à coder dans ce cas sont les échantillons résiduels ainsi que les vecteurs de mouvement.

La compensation de mouvements n'est pas parfaite mais le taux de compression des images P est plus important que celui des images I.

#### ◆ *Compensation dans les tranches B*

Elles sont codées en se référant à deux images de types I ou P. En ordre d'affichage, l'une de ces images vient avant l'image à coder et l'autre vient après cette dernière. Les images B ne sont pas utilisées comme référence. Ce type de tranches donne un taux de compression plus important que les autres types cités précédemment mais nécessite plus d'espace mémoire pour stocker les images de référence. L'opération de codage et de décodage se fait sur une très longue durée.

#### ◆ *Les tranches SP (Switching P) et SI (Switching I)*

Ce sont des tranches de commutation servant à commuter entre des flux vidéo codés à différents débits sans envoyer d'images I qui sont coûteuses en termes de débit.

### 2.3.1.2 La prédiction dans la norme H.264

#### *La prédiction Inter(temporelle)*

★ La prédiction Inter consiste en une prédiction par estimation et compensation de mouvement. Cette prédiction se fait en faisant référence à d'autres images de la séquence vidéo qui ont été déjà codées et stockées dans la mémoire de référence. Pour le choix de l'image de référence, une seule image est choisie dans le cas des tranches P et deux images de référence sont choisies pour coder les tranches de types B.

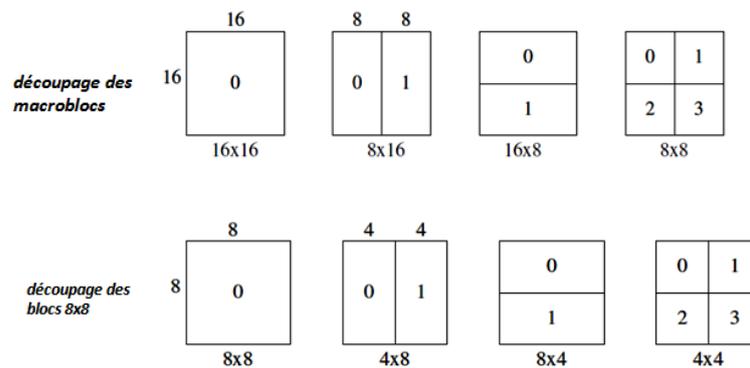
★ La norme H264/AVC propose sept modes de prédictions [11]. La prédiction d'un macro-bloc peut être effectuée en le considérant dans son intégralité ou en le divisant en sous-blocs. Ainsi, pour le signal de luminance nous distinguons les partitions  $16 \times 16$ ,  $16 \times 8$ ,  $8 \times 16$ ,  $8 \times 8$ ,  $8 \times 4$ ,  $4 \times 8$  et  $4 \times 4$ . Les deux composantes de chrominance peuvent aussi être partitionnées en sous-blocs allant de  $8 \times 8$  échantillons jusqu'à  $2 \times 2$  échantillons. Cette structure de partitionnement est montrée par la figure 2.3.

#### *La prédiction Intra(spatiale)*

Dans tous les types de codage de tranches, deux classes de codage intra sont prises en charge : *INTRA* –  $4 \times 4$  et *INTRA* –  $16 \times 16$ .

★ Cette prédiction est utilisée pour coder les images ne contenant que des tranches I. Il existe dix sept modes de prédiction Intra [11]. Parmi les dix sept modes existants, les modes *intra* –  $16 \times 16$  et *intra* –  $4 \times 4$  de codage de la luminance donnent une qualité élevée et sont les plus utilisés.

★ Pour la prédiction des échantillons de chrominance, c'est le mode *intra* –  $8 \times 8$  qui est utilisé.



**Figure 2.3 :** Modes de partition d'un macrobloc  
[7]

### 2.3.1.3 Codage par transformée

Comme dans les standards qui l'ont précédé, la norme H.264/AVC utilise une transformée basée sur la DCT qui est appliquée sur des blocs de tailles  $4 \times 4$ . Pour avoir plus de compression d'image dans le cas d'un macrobloc prédit en mode *intra* –  $16 \times 16$ , une transformée de Hadamard qui est une classe de transformée de Fourier discret est appliquée sur les coefficients DC après les avoir regroupé dans des blocs de tailles  $4 \times 4$ . Une procédure similaire est appliquée pour les signaux de chrominance à la différence près que les blocs de coefficients DC obtenus dans ce cas sont de tailles  $2 \times 2$ .

### 2.3.1.4 La quantification

La norme H264/AVC applique sur les coefficients de la transformée une quantification avec 52 niveaux de quantification [11]. Pour chaque niveau un paramètre de quantification QP (quantization parameter) est associé. Le choix du pas est important pour un bon réglage du débit. par la suite, les coefficients de chaque bloc de  $4 \times 4$  sont ordonnés en appliquant le balayage en zigzag.

### 2.3.1.5 Filtre anti-blocs

Les défauts du codage influencent sur la visibilité de la structure en blocs et les pixels intérieurs sont mieux reconstitués que ses bords. Pour cela H264/AVC définit un filtre de «déblocage» adaptatif en boucle qui a pour but de minimiser la visibilité des artefacts dûs aux codage par blocs. Ce filtre réduit le débit binaire et offre une meilleure qualité d'image qu'avant filtrage.

### 2.3.1.6 Codage entropique

Parmi plusieurs codeurs entropiques, cette norme utilise le codage de type Huffman à longueur variable qui est le plus simple et le plus efficace comparé aux autres techniques habituellement utilisées. La norme H264 utilise trois techniques de codage entropique, le codage Exp-Golomb (Exponential Golomb codes), le CAVLC (Context Adaptive Variable Length Coding) et le CABAC (Context Adaptive Binary Arithmetic Coding).

- Le codage Exp-Golomb

Ce codage est utilisé pour le codage des éléments de synchronisation comme l'en-tête. Le tableau 2.1 décrit la structure de ce codage.

Indexe	Mot de code
0	001
1	010
2	011
3	00100
4	00101
5	00110
6	00111
7	001000
8	001001

**Tableau 2.1 :** Structure du codage en Golomb Exponentiel

D'où :

$C_{Le\ mot\ de\ code} = [N_{zeros}][1][I_{information}]$ , C est un entier, I est un champ de N bits contenant les bits d'information codée.

le mot de code d'un indice est  $N = \lceil (\log_2[index + 1]) \rceil$ .

l'information  $I = index + 1 - 2^N$  et  $L_{Longueur\ du\ mot\ de\ code} = 2N + 1(bits)$ .

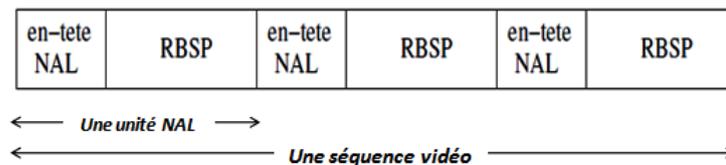
Le décodage du mot de code suit la manoeuvre suivante :

1. Lire les N zéros.
  2. Lire les N bits d'informations.
  3. Calculer l'indice ( $index = I + 2^N - 1$ ).
- Le CAVLC  
C'est une méthode sophistiquée utilisée pour transmettre les coefficients quantifiés de la transformée. Le CAVLC est aussi un codage adaptatif qui s'adapte au contexte courant car chaque bloc est codé selon les informations des blocs précédemment codés. Elle donne de meilleurs résultats car elle utilise les coefficients déjà transmis au lieu d'une table VLC.
  - Le CABAC  
C'est une technique de codage arithmétique qui associe un seul mot de code à une

sequence de symboles de longueur arbitraire, ce qui nous donne l'avantage d'avoir un nombre de bits fractionnaire (non-entier) pour chaque symbole d'un alphabet.

### 2.3.2 La couche NAL

La couche NAL (Network Abstraction Layer) sert pour formater les données codées par la couche VCL. La sortie de la couche NAL est constituée d'un ensemble d'unités (paquets) qui contiennent les données d'une vidéo et les paramètres associés sous formes très simple et chaque unité se forme d'un nombre entier d'octets. Deux types d'unités sont utilisées dans la norme H264/AVC, l'unité VCL-NAL qui contient les données vidéo codées dérivant de la couche VCL et l'unité NAL non-VCL qui contient toutes les informations associées qui sont nécessaires au décodeur mais qui ne sont pas des données vidéo proprement dites. Comme il est illustré sur la figure 2.4, la séquence vidéo est représentée par une séquence d'unité NAL chacune précédée d'un en-tête NAL qui joue le role d'une référence pour le décodeur suivi d'un paquet qui comprend des éléments décrivant les données de la vidéo codée appelée RBSP (Raw Byte Sequence Payload).



**Figure 2.4 :** Structure d'une séquence vidéo codée dans la norme H.264/AVC [2]

## 2.4 Profils et niveaux

Les profils et les niveaux définissent les points d'arrangement entre plusieurs applications axées sur la norme H.262/AVC qui demandent une même configuration.

Un profil définit un ensemble d'outils de codage ou d'algorithmes qui peuvent être utilisés pour générer un flux compatible tandis qu'un niveau impose des contraintes à certains paramètres clés du flux.

L'encodeur ou le décodeur doivent être conformes à un profil spécifique et doivent prendre en charge toutes les fonctionnalités de ce profil. Il existe 11 niveaux pour chaque profil indiquant la taille maximale d'une image (en Mb), la vitesse de traitement du décodeur(en Mbps), la taille de mémoire multi-images d'une vidéo et le débit binaire d'une vidéo. Pour la norme H.264, on décrit trois profils montrés sur la figure 2.5.

◆ **Le profil de base** : Fonctionne en se basant sur la prédiction *inter* dans la tranche p et *intra* dans la tranche I et s'appuie sur le codage CAVLC (Context Adaptive Variable Length

Coding). Il ne supporte pas les tranches B, SP, SI, vidéo entrelacé et codage CABAC (Context Adaptive Binary Arithmetic coding).

◆ **Le profil principal** : Inclue le codage entrelacé, le CABAC et la prédiction *inter* des tranches B mais ne reconnaît pas la fonctionnalité FMO (Flexible Macro-bloc Ordering).

◆ **Le profil étendu** : Prend en charge le profil de base en entier et une partie du profil principal à l'exception du CABAC. Il inclue aussi la fonctionnalité DP (Data Partitionning) qui consiste à coder chaque tranche en trois partitions d'importances relatives différentes. Cette technique est très utile comme moyen de rendre les données codées robustes aux erreurs de transmission.

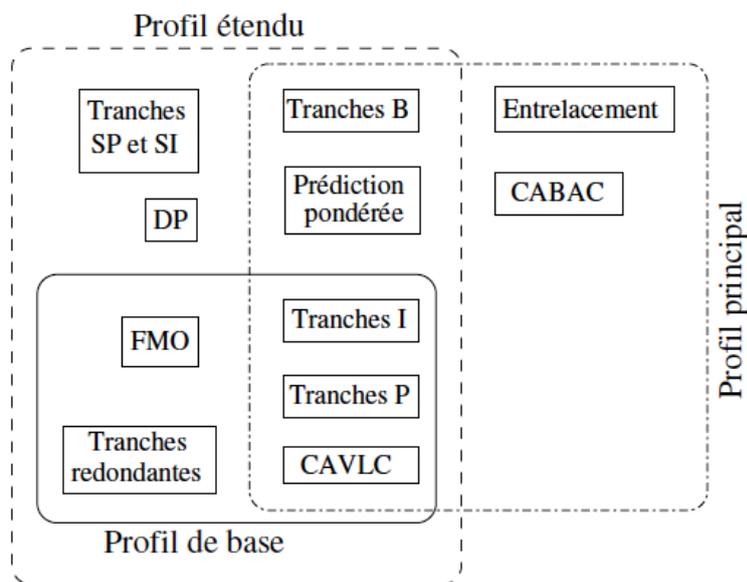


Figure 2.5 : Les profils de la norme H.264/AVC

[2]

## 2.5 Efficacité de Codage et outils de robustesse dans la norme H.264

Les erreurs de transmission sont un facteur important qui influence sur la qualité d'une vidéo transmise et les réseaux sans fils sont caractérisés par des taux de pertes élevés. Pour réduire ces erreurs un codage canal peut être utilisé et qui tient compte souvent aussi des mécanismes de robustesse qui sont inclus dans la norme, tel que proposé, par exemple, dans [2]. Dans cette section nous décrivons donc les mécanismes de robustesse, les plus connus, qui ont été proposés avec le développement de la norme H.264.

### 2.5.1 Flexibilité de la taille des tranches

Dans les systèmes de transmission par paquets, il faut garder souvent la taille des paquets inférieure à la taille maximale d'un paquet transporté pour éviter la fragmentation. Ceci permet d'éviter l'influence des pertes de paquets sur les données transportées dans d'autres paquets mais dont les données correspondent à la même tranche. Le H.264 permet de contrôler la taille de chaque tranche correspondant à un paquet pour répondre aux besoins du réseau.

### 2.5.2 Flexible Macrobloc Ordering (FMO)

Cette technique consiste à créer des groupes de tranches dont chaque groupe ne contenant pas nécessairement des macro-blocs contigus. De cette façon la technique de dissimulation des erreurs au niveau du récepteur peut être rendue efficace car souvent un macro-bloc qui a été perdu peut être reconstitué par interpolation à partir des macro-blocs voisins mais qui appartiennent à d'autres tranches ayant été correctement reçus. L'intérêt de cette technique apparaît justement dans les réseaux de communication sans fils où les erreurs ont lieu en rafales provoquant l'inaptitude d'un codage correcteur d'erreurs éventuellement utilisé à corriger toutes les erreurs.

### 2.5.3 Insertion du contenu Intra-codé

H.264/AVC permet un placement adaptatif de MBs Intra-codés au niveau macrobloc, tranche ou image et diminuer la propagation des erreurs aux images successives.

### 2.5.4 Références multiples

Un ensemble d'images multiples pour servir comme images de référence à la prédiction Inter. Dans le H.264/AVC, cette possibilité est un moyen de codage très efficace car cela permet d'élargir le champs de recherche pour la prédiction et ainsi trouver un macro-bloc aussi proche que possible du macro-bloc à coder.

### 2.5.5 Codage par partitions

Pour un codage robuste aux erreurs de transmission, il est avantageux de diviser les données en partitions codées (coder chaque tranches en trois partitions), la partition **A** qui est la plus importante, contient les informations d'en-tête (macrobloc codé, paramètre de quantification et vecteurs de mouvements), la partition **B** contient les coefficients Intra-codés de la transformée et la partition **C** contient les coefficients Inter-codés. L'avantage de ce codage est d'offrir une protection efficace contre les erreurs car la technique de dissimulation d'erreurs peut toujours donner des résultats appréciables tant que la partition **A** est correctement reçue.

### 2.5.6 Tranches redondantes (RS : Redundant Slices)

Certaines tranches sont retransmises pour minimiser la probabilité de pertes de paquets. Le décodeur peut les utiliser si la tranche primaire est erronée, ou les ignorer si les tranches primaires sont correctement reçues.

### 2.5.7 Les ensembles de paramètres

La norme H264 définit deux ensembles de paramètre d'encodage, les paramètres séquence qui s'intéressent à la séquence vidéo codée (nombre d'images de références, format des images) et les paramètres image qui définit les paramètres nécessaires pour coder une ou plusieurs images. Ces paramètres sont souvent découplés du reste de la séquence vidéo codée, ce qui permet d'améliorer l'efficacité du décodage.

### 2.5.8 Dissimulation d'erreurs

Le codage canal ne peut pas souvent détecter et corriger toutes les erreurs. Dans ce cas, les paquets d'information peuvent être perdus durant la transmission. Pour minimiser l'impact de la perte des paquets, le décodeur exécute un algorithme de dissimulation d'erreurs qui se base sur les propriétés des données vidéo reçues et exploite les redondance existantes puis reconstruire les zones des données perdues en utilisant des zones voisines ou les images adjacentes.

## 2.6 Evaluation des erreurs de compression

Les pertes d'information sont créés lors de la quantification des coefficients. L'estimation de la distorsion (bruit de quantification), qui est dû à ces pertes, se fait en évaluant sa puissance qui est donnée par l'erreur quadratique moyenne **EQM**, appelé aussi en anglais **MSE**, et qui est représentée par l'équation 2.1.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (x_i - \hat{x}_i)^2 \quad (2.1)$$

où  $N$  est le nombre de pixels,  $x_i$  est la valeur du pixel dans l'image original et  $\hat{x}_i$  est le pixel reconstitué.

Pour évaluer la qualité de l'image, on utilise le calcul du gain PSNR (rapport signal sur bruit en décibel) exprimé par l'équation 2.2 ci-dessous :

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{225^2}{EQM} \quad (2.2)$$

Le but est d'obtenir la plus petite distorsion tenant compte d'un débit de transmission maximal.

Pour démontrer les performances de codage de H.264/AVC, nous représentons sur le figure 2.6 des courbes de comparaison et de performances en termes de Distorsion-débit.

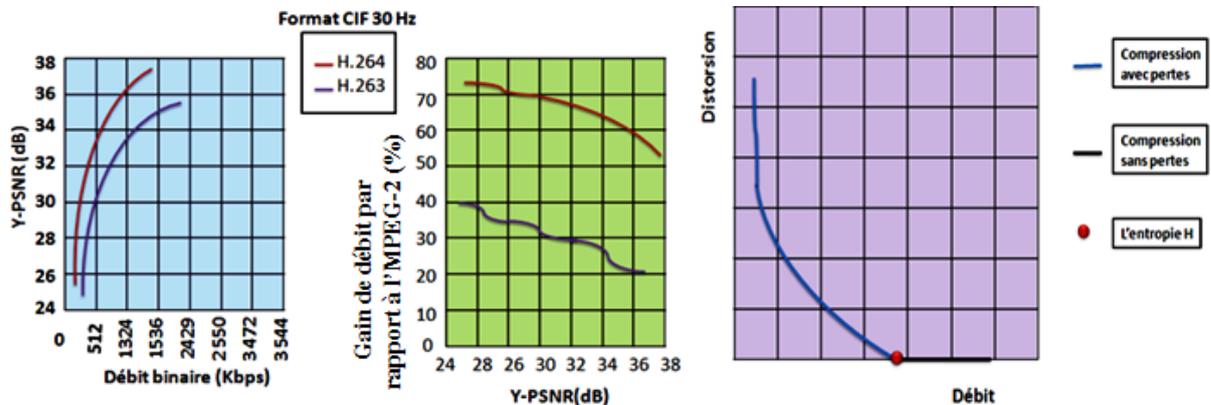


Figure 2.6 : Comparaison entre le H.264 et H.263 et allure typique de la courbe de débit-distorsion

[12], [2]

## 2.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit et revu brièvement les principales caractéristiques de la norme H264/AVC. Nous pouvons retenir que cette norme présente un excellent rapport débit-distorsion et surpasse nettement les normes qui l'ont précédé.

Avec les mécanismes de robustesse qu'elle utilise, la norme H264/AVC permet de minimiser l'impact des erreurs et offre une grande précision lors de la prédiction et surtout une grande flexibilité d'usage. Elle offre la possibilité d'adapter le codage selon le type d'application envisagée.



---

# La norme IEEE 802.11 ou WiFi

## 3.1 Introduction

La naissance de la technologie sans fil qui a pu remplacer le filaire a créé une grande évolution dans le domaine de la télécommunication. Les moyens de communication sont développés pour avoir des caractéristiques bien meilleures avec un nouvel environnement appelé environnement *mobile sans fil* qui élimine les problèmes de câblages.

Comme son nom l'indique, le réseau sans fil est le réseau qui autorise une communication de se faire entre au moins deux terminaux (ordinateur portable, téléphone portable, etc.) sans aucune liaison filaire en utilisant des ondes radio-électriques et en se déplaçant sur une certaine étendue (une dizaine de mètres à quelques kilomètres) qui appartient à une certaine zone géographique .

Il existe plusieurs familles de réseaux sans fil ; les réseaux personnels sans fil WPAN, les réseaux métropolitains sans fil WMAN, les larges réseaux sans fil WWAN et finalement les réseaux locaux sans fil WLAN.

Dans ce chapitre, nous allons étudier les réseaux locaux sans fil. Dans la section 2, nous présentons les WLANs et leurs caractéristiques. Dans la section 3, une étude générale et l'évolution de la norme IEEE 802.11 (le Wifi) est donnée. L'architecture du réseau Wifi incluant l'architecture cellulaire et l'architecture en couche est présentée dans la section 4. La section 5 est consacrée en particulier à la description de la norme IEEE 802.11g, qui nous intéresse dans ce mémoire. La section 6 conclue ce chapitre.

## 3.2 Présentation du (WLAN)

### 3.2.1 Définition

Le WLAN est un système de transmission des données qui utilise des ondes radios pour assurer une transmission de données entre deux équipements indépendants. En le comparant à d'autres réseaux sans fils, le WLAN présente plus d'avantages ce qui le rend attractif et très

utilisé par les différentes entreprises. D'après la figure 3.1 qui représente les technologies de communication existantes, on conclue que sur quelques dizaines de mètres, les réseaux locaux sans fil peuvent offrir un débit très élevé.

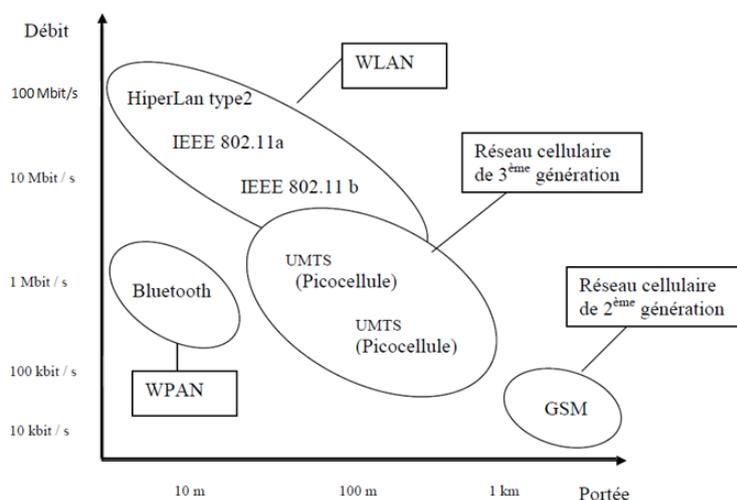


Figure 3.1 : Les WLAN parmi les systèmes de transmission radio [13]

### 3.2.2 Avantages des WLAN

Les réseaux locaux sans fil ne remplacent pas les réseaux locaux mais plutôt visent à leur apporter de nombreux avantages. Les principaux avantages offerts par le WLAN sont les suivants :

- **Mobilité** : Contrairement au réseau fixe, la mobilité de l'utilisateur est le point le plus important dans le WLAN. Il permet une connexion au réseau sans être relié par câbles.
- **Simplicité d'installation** : Non seulement, le WLAN élimine les câbles qui prennent beaucoup de temps et d'espace pour les installer mais il donne l'avantage d'être installé à n'importe quel lieu, ce qui est difficile avec le filaire.
- **Topologie** : Sa topologie peut être facilement modifiée et elle change en fonction du nombre d'utilisateurs qui se connectent.
- **Coût** : Pour l'installation du réseau WLAN le coût des câbles est presque nul. Le coût du réseau est exclusivement dû au matériel nécessaire au fonctionnement du réseau.
- **Inter connectivité avec les réseaux locaux** : Dans le même environnement, le réseau

local sans fil peut exister avec n'importe quel autre réseau local .

- **Fiabilité** : La fiabilité d'un WLAN peut être appréciable lorsque l'étendue du réseau se limite à de faibles distances entre les équipements.

### 3.2.3 Inconvénients des WLAN

- **Qualité et continuité du signal** : La qualité et la continuité du signal ne sont pas garanties à cause des problèmes provenant des matériaux ou provoqués par l'environnement.
- **Problèmes de sécurité** : Comparé au réseau filaire, où un abonné devrait avoir une connexion physique pour se connecter au réseau, dans un réseau WLAN un mécanisme d'authentification est nécessaire pour vérifier l'identité de l'abonné (personnes, ordinateur) puis autoriser l'accès au réseau, ce qui rend la gestion du réseau plus complexe.

## 3.3 Le standard IEEE 802.11

La norme *IEEE 802.11*, définie en 1997 par le *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, est un standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau local sans fil WLAN, le *Wifi (Wireless Fidelity)* donnée par la WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) est le réseau qui répond à la norme IEEE 802.11 et peut offrir des réseaux locaux sans fil à haut débit reliant deux ordinateurs portables ou autres périphériques en se déplaçant dans des zones allant jusqu'à 1km environ.

Le logo du Wifi apparaît sur la figure 3.2.



Figure 3.2 : Logo de Wi-Fi

[14]

La norme IEEE 802.11 a pu résoudre plusieurs problèmes de connexion qui peuvent être rencontrés par les entreprises mais l'inconvénient qui pose des soucis est le débit limité par la distance. Pour atteindre des débits plus importants, en 1999 plusieurs nouvelles générations qu'on va voir dans la prochaine sous-section sont apparues.

### 3.3.1 L'évolution de la normes IEEE802.11

Pour minimiser les points indésirables comme la limitation du débit, le manque de sécurité et assurer une bonne qualité du signal, la norme IEEE 802.11 a lancée des nouvelles catégories que nous résumons dans le tableau 3.1.

La norme	caractéristiques
<b>802.11a (le Wifi 5)</b>	* Obtenir un haut débit qui égal théoriquement à 54 Mbps et pratiquement à 30 Mbps. * Dans la bande de fréquence des 5 GHz, elle définit 8 canaux radio.
<b>802.11b (Wifi)</b>	* Donner un débit théorique de 11 Mbps et 6 Mbps réel. * Pouvoir véhiculer l'information dans un environnement sur un étendu de 300 mètre. * Utiliser une bande de fréquence de 2.4 GHz avec 3 canaux radio.
<b>802.11d</b>	* permettre l'utilisation internationale du réseau 802.11. * permettre l'échange d'information sur les fréquences et les puissances d'émission autorisées au pays d'origine du matériel.
<b>802.11c</b>	* La norme 802.11c a fait quelques modifications sur la norme 802.11d pour réaliser une interconnexion entre le réseau filaire et le réseau Wifi.
<b>802.11e</b>	* Amélioration de la qualité du service (donner une meilleure transmission de la voix et la vidéo).
<b>802.11f</b>	* Avec un protocole appelé IAPP ( <i>Inter Access point roaming protocol</i> ), cette norme donne des capacités pour un changement de cellule par l'utilisateur.
<b>802.11g</b>	* Donner un débit de 54 Mbps (30 Mbps réel) sur une bande de fréquence de 2.4 GHz. * Sachant que cette norme est une amélioration de la norme 802.11b, donc on peut dire que toutes les deux peuvent fonctionner avec le même matériel.
<b>802.11h</b>	* Avec les améliorations qu'elle donne à la norme 802.11 et selon la réglementation européenne en matière de fréquence et d'économie d'énergie, elle permet de sélectionner le canal moins perturbé. * Contrôler aussi la puissance d'émission de façon à obtenir la valeur minimale nécessaire.
<b>802.11i</b>	* Offrir la meilleure sécurité. * Avec la technique d'AES ( <i>Advanced Encryption Standard</i> ), elle propose un chiffrement des communications pour les transmissions utilisant les technologies 802.11a, 802.11b et 802.11g. * Permet la gestion et la distribution des clés.
<b>802.11R</b>	* C'est une norme modifiée pour pouvoir utiliser les signaux Infrarouge.
<b>802.11j</b>	* C'est de mettre la norme 802.11 sous la réglementation japonaise.
<b>802.11n</b>	* Elle peut atteindre un débit de 540 Mbps pour une centaine de mètres en utilisant la bande de 2.4 et 5 GHz.

Tableau 3.1 : Différentes catégories du standard IEEE 802.11

## 3.4 L'architecture du réseau Wifi

### 3.4.1 L'architecture en couche

Sachant que toute norme doit être conforme au modèle OSI (Open Systems Interconnection), ce modèle de communications entre ordinateurs décrit les concepts utilisés et la démarche suivie pour normaliser l'interconnexion d'un système ouvert.<sup>1</sup>

Le modèle OSI contient sept couches ; la couche physique, la couche liaison de données, la couche réseau, la couche transport, la couche session, la couche présentation et la couche application. La norme IEEE802.11 concerne les deux couches de plus bas niveaux ; la couche

1. Un réseau est dit ouvert lorsque la modification, l'adjonction ou la suppression d'un de ces systèmes ne modifie pas le comportement général du réseau.

*physique* pour la modulation des ondes radioélectriques et les caractéristiques de la signalisation pour la transmission de données, et la couche *liaison de données* qui joue le rôle d'un liant pour faire de la couche physique une liaison fiable.

La figure 3.3 représente le modèle OSI de la norme IEEE802.11.

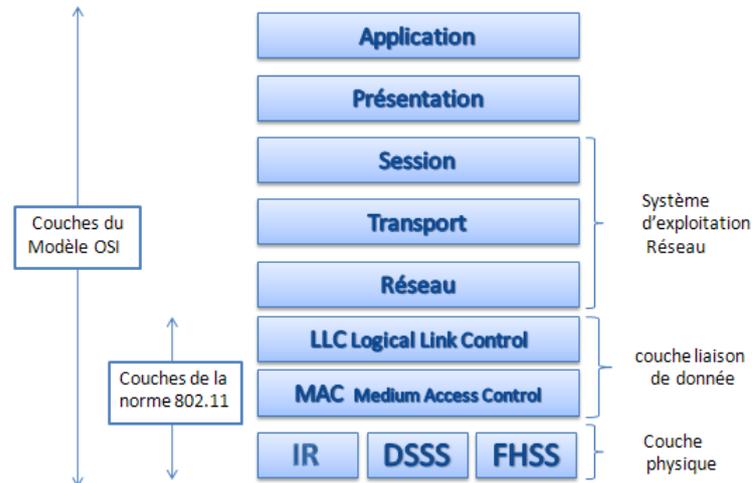


Figure 3.3 : Le modèle OSI de la norme 802.11

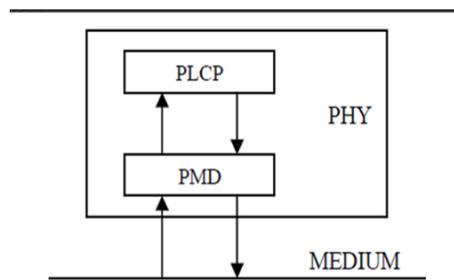
### 3.4.1.1 La couche physique

Elle se divise en deux sous-couches comme la figure 3.4 le montre. La couche *PMD* (*Physical Medium Dependent*) qui s'occupe de la modulation (donner le nombre de bits qui sont codés par symbole) et l'encodage des données transmises sur un support et la couche *PLCP* (*Physical Layer Convergence Protocol*) qui peut indiquer à une couche appelée *MAC* (*Medium Access Control*)(une sous couche de la couche liaison de données) si le support est libre ou pas.

Il est bien clair sur la figure 3.3 qu'il existe trois techniques de base qui sont employées dans la couche physique.

#### ◇ La technique FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*)

Avec la technique d'étalement de spectre par saut de fréquence, un canal est divisé en 75 sous canaux au minimum. Chaque sous canal a une largeur de 1 MHz et la transmission est faite en utilisant une combinaison de canaux connue de toutes les stations dans une cellule. Dans la norme IEEE 802.11, c'est la bande des fréquences 2.4 - 2.4835 GHz qui permet de créer 79 canaux de 1 MHz. Le principal avantage qu'on va avoir est que le signal est facilement transmis successivement sur un canal puis sur un autre pendant une courte durée de 0.4 sec.



**Figure 3.4 :** Les deux sous couches physique du standard 802.11  
[14]

Sur un réseau Wifi, pour offrir un facteur de sécurité très élevé, une conversation s'effectue entre deux abonnés en respectant un schéma de sauts différents afin de réduire les interférences entre les transmissions des diverses stations d'une cellule, mais la distance limitée par le WLAN limite aussi le débit à 2 Mbps. L'autre avantage est que dans la même zone, cette technique permet le fonctionnement de 26 réseaux (séquences) en même temps. pour l'émission des données, elle utilise la modulation appelé GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying).

◇ *La technique DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)*

Le principe de l'étalement de spectre à séquence directe est de diviser chaque canal de transmission en 14 sous canaux de 22 MHz de largeur et séparés de 5 MHz. Ils sont montrés dans le tableau 3.2.

CANAL	FREQUENCE (GHZ)	CANAL	FREQUENCE (GHZ)
1	2.412	8	2.447
2	2.417	9	2.452
3	2.422	10	2.457
4	2.427	11	2.462
5	2.432	12	2.467
6	2.437	13	2.472
7	2.442	14	2.484

**Tableau 3.2 :** Concaténation canal-fréquence  
[13]

La technique utilisée est *le chipping* qui remplace chaque **chip**, qui veut dire "**bit**", par un *Barker* (une séquence pseudo aléatoire) composé de 11 bits (10110111000 pour un "1" et 0100100011 pour un "0"). La figure 3.5 ci-dessous explique le principe du chipping.

Le but de cette technique est de compenser le bruit qui peut exister dans un canal en introduisant de la redondance pour faciliter la détection et la correction des erreurs. Elle est

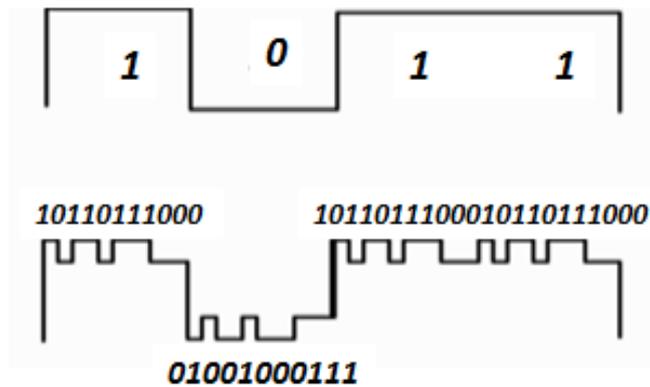


Figure 3.5 : Technique du chipping  
[13]

appliquée à la norme 802.11b pour atteindre un débit de 11 Mbps en utilisant une modulation dite DQPSK.

Pour résoudre le problème de la multi transmission sur un canal, il existe une méthode de codage appelée OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) qui est appliquée à la norme IEEE 802.11a et g pour avoir une plus grande bande passante et atteindre un débit de 54 Mbps au lieu des 11 Mbps qu'offre la DSSS. L'OFDM partage la bande de fréquence en plusieurs bandes et transmet les données simultanément sur plusieurs porteuses orthogonales en combinant celles-ci avec la technique de modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation) qui peut transmettre deux porteuses sur la même fréquence et peut offrir un débit binaire très élevé.

#### ◇ La technique Infra Rouge (IR)

Comme son nom l'indique, la couche IR utilise la lumière infrarouge de longueur d'onde comprise entre 850 et 950 nm pour transmettre les données. Elle est utilisée par le réseau 802.11IR et peut offrir un débit de 1 à 2 Mbps en appliquant la modulation PPM (Pulse Position Modulation) qui consiste à transmettre des impulsions à amplitude constante, et à coder l'information selon la position de l'impulsion, 16-PPM pour un débit de 1Mbps et 4-PPM pour 2 Mbps (coder deux bits de données avec 4 positions possibles) [14].

Avec la propriété réfléchive de l'infrarouge, les stations ne sont pas obligées d'être dirigées l'une vers l'autre mais l'inconvénient est que la portée de l'infrarouge est faible, ce qui limite la distance entre les stations du réseau ( $\leq 10m$ ).

#### 3.4.1.2 La couche liaison de données

Elle est composée de deux sous couches, la sous couche LLC (Logical Link Control) et la sous couche MAC (Medium Access Control).

### ◇ La sous couche LLC

La sous couche LLC joue le rôle d'un lien reliant les couches supérieures (la couche réseau, transport...) avec la couche physique pour permettre au données de passer. Elle donne l'avantage au réseau WLAN de se connecter à n'importe quel autre réseau et quelque soit sa nature (filaire ou sans fil). La trame LLC contient comme en-tête une adresse et en fin une zone de détection d'erreurs, ce qui lui donne l'avantage de pouvoir contrôler le flux et corriger les erreurs détectées.

### ◇ La sous couche MAC

La sous couche MAC assure la gestion d'accès de plusieurs stations à un support partagé d'où chaque station vérifie le canal (support) et fait la transmission dans le cas d'un canal non occupé. La couche MAC peut fournir d'autres fonctionnalités comme l'adressage et le formatage des trames, le contrôle d'erreur, la sécurité et la gestion de l'énergie et de la mobilité. Deux méthodes d'accès au support sont utilisées par le Wifi, la *DCF (Distributed Coordination Function)* et la *PCF (Point Coordination Functions)*.

#### 1. La méthode DCF

✓ L'algorithme utilisé par la méthode DCF est le *CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)* qui consiste, lors de la transmission des données, à écouter le canal ; s'il est libre la transmission peut être exécutée sinon il attend la libération du canal. Cet algorithme peut aussi détecter les collisions avec la technique d'évitement de collisions (*CA*) et les minimiser selon la procédure de *Backoff* qui évite au maximum d'avoir plusieurs stations qui occupent le même support en même temps. Cet algorithme est aussi exécuté sur chaque station afin de déterminer les périodes d'accès au médium. La figure 3.6 donne le principe de la méthode DCF.

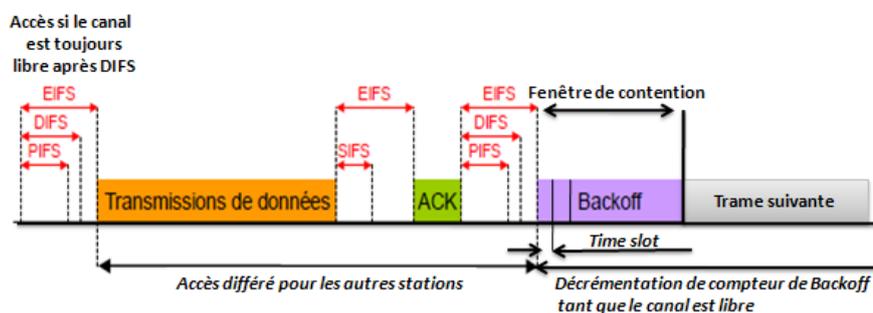


Figure 3.6 : Accès au médium en mode DCF

Avant l'émission des données, la station doit écouter d'abord le support. S'il n'est pas occupé pendant une durée DIFS (Inter-Frame Spacing), la transmission est possible. Sinon l'algorithme de Backoff est engagé.

La station qui a bien reçu le paquet de données renvoie à l'émetteur un accusé de récep-

tion ACK pour l'informer qu'aucune collision n'a été détectée. Si la station émettrice n'a pas reçu l'accusé, elle refait l'émission jusqu'à un certain nombre défini. Au terme de ce dernier, l'opération sera abandonnée.

Un espace IFS (inter-frames) est la durée pendant laquelle une station doit attendre avant de transmettre sur le canal. SIFS (Short Inter-Frame Spacing) est utilisé pour séparer les différentes trames transmises au sein d'un même dialogue (par exemple entre question et réponse). Le PIFS (Inter-Frame Spacing) est le temps que doivent attendre les autres stations avant d'émettre un paquet en mode PCF. Enfin, le EIFS (Extended Inter-Frame Spacing) est le plus long des IFS que doit attendre une station tentant de transmettre sans succès pour abandonner.

#### ✓ Algorithme de Backoff

Si la station qui veut envoyer des données reste libre pendant une période DIFS, la transmission peut être réalisée, sinon la station va appliquer le processus de Backoff qui se déroule en trois étapes.

- Le calcul de son temps temporisateur *Backoff - Timer* est exprimé par la formule 3.1.

$$Backoff - Timer = Random() \times TS(time\ slot) \quad (3.1)$$

D'où le  $Random = 0 \dots CW - 1$ , le CW est la taille de la fenêtre de contention et le TS de la station est le temps qu'il lui faut pour savoir si aucune station n'a accédé au canal dans le time slot précédent.

- Décrémenter le time slot après un DIFS de libération du canal.
- Pouvoir envoyer dans le cas d'un *Backoff - Timer* nul, deux stations ne peuvent pas envoyer au même temps, lors de la décrémentation, la station qui termine la première est celle qui est autorisée à envoyer dont l'autre est bloquée.

Pour une taille  $CW_{min}$  de la fenêtre de contention, la transmission est soit réussie ou elle sera un échec dans le cas de l'existence d'une collision lors de la transmission. Pour minimiser la probabilité de collision, il faut incrémenter la fenêtre de contention pour la mettre à ( $CW_{new} = 2 \times CW + 1$ ).

Lorsque  $CW_{max}$  est atteinte, la transmission sera souvent un échec car il est impossible d'incrémenter au delà de  $CW_{max}$ .

Les algorithmes CSMA/CA et Backoff sont résumés sur la figure 3.7.

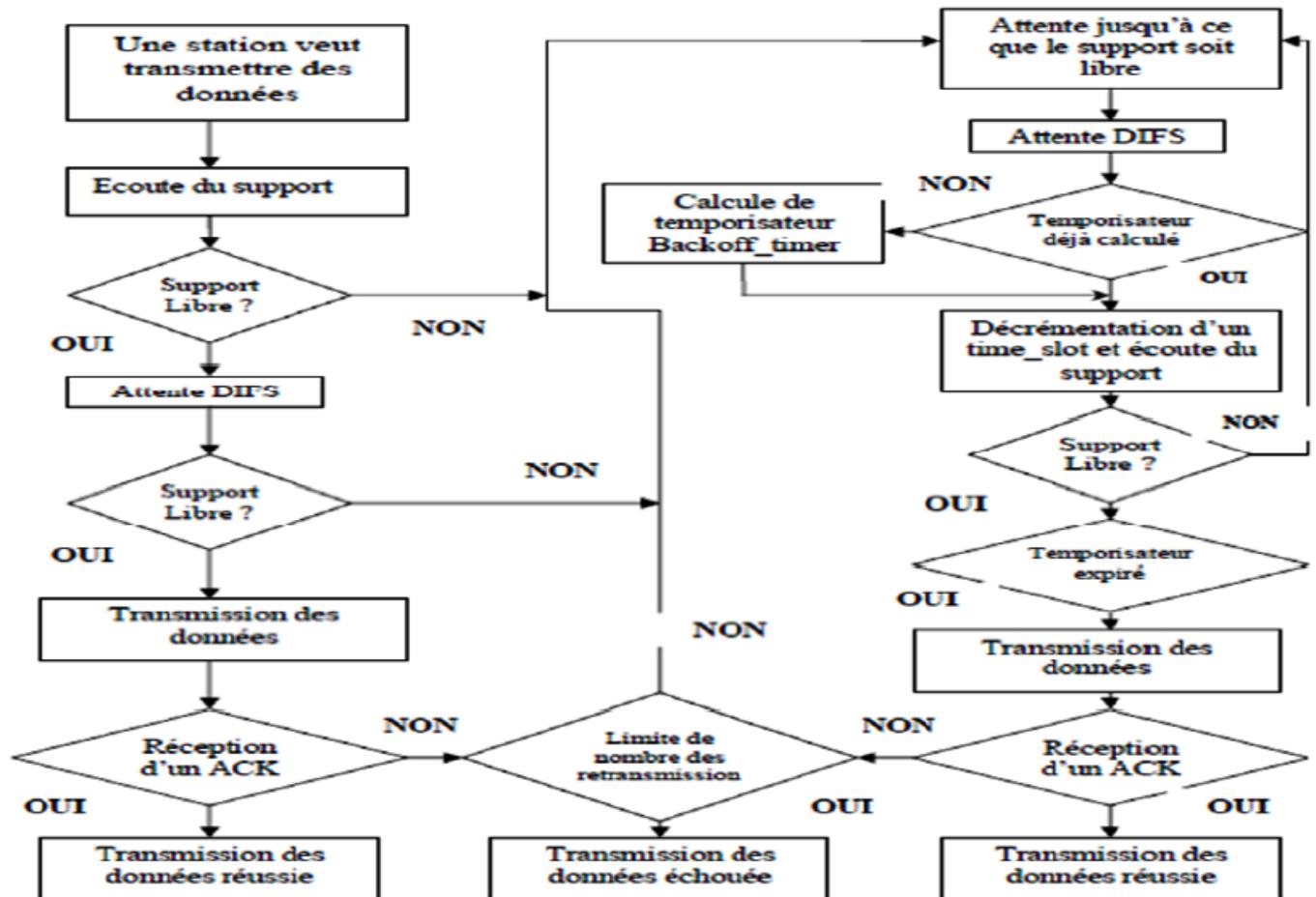


Figure 3.7 : Le principe du CSMA/CA et Backoff  
[14]

## 2. la méthode PCF

La PCF est une méthode qui ne fonctionne qu'en mode infrastructure, elle utilise une station avec un *point d'accès (AP)* et peut être implémentée avec la DCF. En faisant appel au protocole PLCP (Physical Layer Convergence Protocol), il écoute le support et autorise ou non l'émission de la station et un *point de Coordination (PC)* qui est installé sur l'AP.

Comme il est illustré sur la figure 3.8, une trame est composée de deux parties appelés la **CP** et la **CFP**. La CP est faite pour écouter le canal avant d'effectuer une communication. Au début du CFP la transmission de toutes les stations doit être bloquée par un timer NAV (Network Allocation Vector)<sup>2</sup> qui est calculé pour chaque station. Lorsque une station est autorisée par la CFP à émettre et durant une période **PIFS** dont le canal est libre, le PC envoie un **beacon** qui indique le début de la super trame et après un temps **SIFS** le PC envoie la trame de données qui contient le message de *polling*.

2. Pour éviter les collisions, il calcul la durée d'occupation d'un support lors d'une transmission.

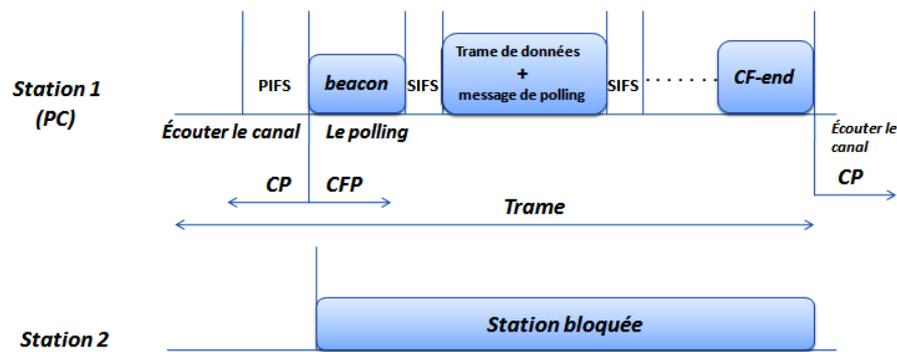


Figure 3.8 : Principe du fonctionnement du PCF

Avec ce dernier le PC va faire du polling pour chaque station enregistrée sur sa liste. Si la 1<sup>ère</sup> station ne répond pas après un temps SIFS il passe à la suivante et ainsi de suite jusqu'à la dernière et terminer l'envoi par une trame **CF-end** et remettre tout à zéro.

### 3.4.2 L'architecture cellulaire

Le réseau Wifi est basé sur l'architecture cellulaire<sup>3</sup>. Une cellule est un ensemble de services de base *BSS (Basic Service Set)* qui est équipé principalement par les antennes *BTS (Base Transceiver Station)* pour gérer l'émission et la réception des données et les éléments "intelligents" *BSC (Base Station Controller)* qui contrôlent la puissance de l'émission pour une bonne qualité de communication. Chaque BSS contient plusieurs stations mobiles (ordinateurs) qui se connectent à un *point d'accès* avec une liaison sans fil et chaque station mobile est munie d'une carte réseau WLAN qui peut se déplacer librement dans la zone de couverture.

Pour la norme IEEE802.11 utilisée par le Wifi, elle peut fonctionner selon deux modes : le mode infrastructure et le mode Ad Hoc.

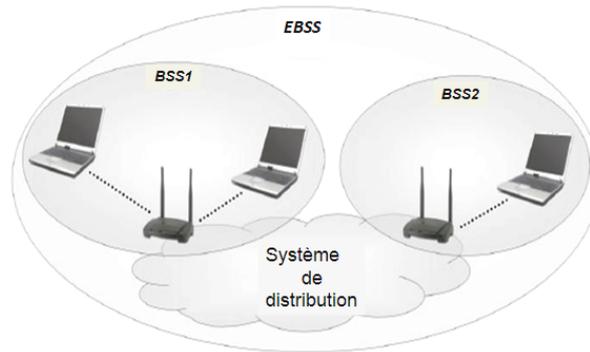
#### 1. Le mode infrastructure

Pour le cas d'un réseau Wifi en mode infrastructure, chaque ordinateur est connecté à un point d'accès avec une liaison sans fil, comme il est montré dans la figure 3.9. L'ensemble des ordinateurs et le point d'accès qui les connectes forme ce qu'on appelle une BSS et l'ensemble des BSS forme à son tour un EBSS. Dans un EBSS, les BSS sont reliés entre eux avec le système de distribution DS (Distribution System) qui peut être représenté en filaire ou bien sans fils.

Grace au DS, les points d'accès peuvent communiquer et partager des informations utiles entre eux. Le déplacement facile des stations mobiles d'un point à un autre se fait en

3. On appelle cellule une zone qui peut couvrir un nombre de point d'accès et sa taille varie selon les obstacles trouvés dans un environnement, la puissance du signal ou les interférences entre les équipements utilisés les mêmes fréquences.

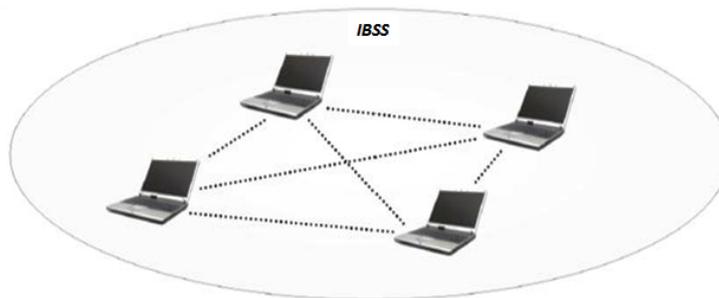
Roaming qui rend ce déplacement transparent.



**Figure 3.9 :** Réseau WLAN avec infrastructure  
[14]

## 2. Le mode Ad Hoc

Appelé aussi un IBSS (Independent Basic Service Set) qui est formé d'un ensemble de stations qui se communiquent directement entre elles sans passer par un point d'accès, contrairement au mode précédent, les stations ne possèdent plus un système les reliant entre elles donc c'est un mode limité. La figure 3.10 présente le mode Ad Hoc du réseau local sans fil.



**Figure 3.10 :** Réseau WLAN Ad Hoc  
[14]

### 3.4.3 Équipements d'un réseau Wifi

#### 1. Les cartes Wifi

Il existe deux types de cartes, la carte Wifi pour les *stations mobiles* et la carte Wifi pour les *stations fixes*. Avec leurs petites tailles les cartes pour stations mobiles sont les plus utilisées. Pour les ordinateurs portables on utilise les cartes au format **PCMCIA** alors que le format varie selon le nombre des assistants personnels **PDA** pour les organisateurs. La plupart des cartes PCMCIA, Ethernet ou USB, contiennent une antenne interne. Les cartes

pour PDA utilisent le format Compact Flash. Ces cartes ont besoin d'un adaptateur. Il existe une autre carte PDA qui contient un slot SD utilisé pour le stockage mémoire et la connexion ; l'avantage est que sa taille est plus petite qu'une carte PCMCIA. la figure 3.11 ci-dessous illustre une carte Wifi PCMCIA et Compact Flash.



**Figure 3.11 :** Carte WIFI PCMCIA et Carte Compact Flash  
[13]

Les cartes pour stations fixes utilisées par les ordinateurs de bureau sont sous forme de trois types : la carte adaptatrice PCMCIA qui est la plus utilisée et qui représente le même type de cartes utilisées en station mobiles avec une interface PCI ou ISA pour son insertion, les interfaces USB qui sont très utiles puisque chaque ordinateur possède une entrée USB, et enfin la carte PCI qui est purement utilisée juste pour les stations fixes, contrairement aux autres cartes.

Sur la figure 3.12 on voit respectivement une carte Wifi USB et PCI.



**Figure 3.12 :** Carte WIFI USB et PCI  
[13]

## 2. Les points d'accès

C'est l'élément principal dans l'architecture Wifi. Il est relié au réseau local ou au réseau filaire. Pour fonctionner, le point d'accès sera configuré avec un ordinateur selon le réseau dont il appartient ; si le réseau géré est filaire le point d'accès est sous forme d'un routeur. Une photographie montrant des exemples de points d'accès sont montrés sur la figure 3.13.



Figure 3.13 : Exemples de point d'accès

### 3. Les antennes

Comme nous l'avons souligné auparavant, les cartes Wifi contiennent une antenne interne. Chaque antenne a sa zone d'émission et de réception des données mais le point d'accès ne peut pas accéder au réseau lorsque le signal est coupé par un obstacle (personne, mur, meuble...) ou la station est très éloignée.

## 3.5 La norme IEEE 802.11g

Les normes de bases du standard IEEE 802.11 sont la norme IEEE802.11a,b et g et avec quelques modifications on aura les autres normes citées auparavant. La norme 802.11g permet d'obtenir un débit théorique élevé de 54 Mbps offert par le IEEE802.11a avec l'avantage d'être compatible avec les réseaux IEEE802.11b qui sont les plus déployés. Le tableau 3.3 résume les caractéristiques de quelques variantes de la norme IEEE 802.11 dans un but de comparaison et justifie ainsi notre intérêt pour la norme IEEE 802.11g.

	802.11b	802.11a	802.11g
Lancement du standard	juillet 1999	juillet 1999	join 2003
Vitesse maximal	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Type de modulation	CCK	OFDM	OFDM et CCK
Vitesses	1, 2, 5.5, 11 Mbps	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	CCK: 1, 2, 5.5, 11 OFDM: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
Fréquences	2.4–2.497 GHz	5.15–5.35 GHz 5.425–5.675 GHz 5.725–5.875 GHz	2.4–2.497 GHz

Tableau 3.3 : Caractéristiques du IEEE 802.11

[15]

### 3.5.1 Performances et Caractéristiques

#### ◇ *La vitesse de l'information*

Le standard IEEE 802.11 donne la possibilité de se communiquer à des débits très intéressants en minimisant les erreurs de transmission. Avec une modulation CCK (complementary code keying) qui utilise un code d'étalement de 8 bits au lieu de 11 bits pour augmenter le nombre de bits codés par symbole, il peut atteindre les vitesses de 11, 5.5, 2 et 1 Mbps et des grandes vitesses allant de 6 à 54 Mbps en utilisant la modulation OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). La figure 3.14 explique le principe de l'OFDM qui consiste à diviser le canal en sous-canaux et à effectuer une transmission sur chacun d'eux, ce qui permet de corriger les multitrajets longs.

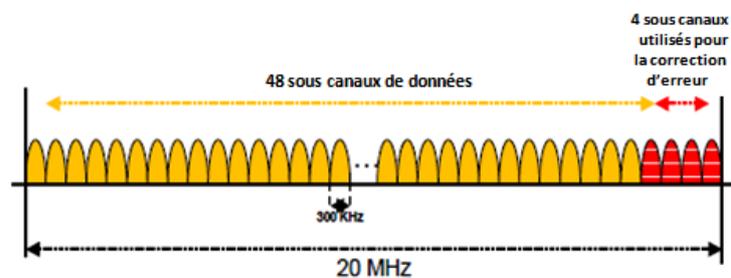
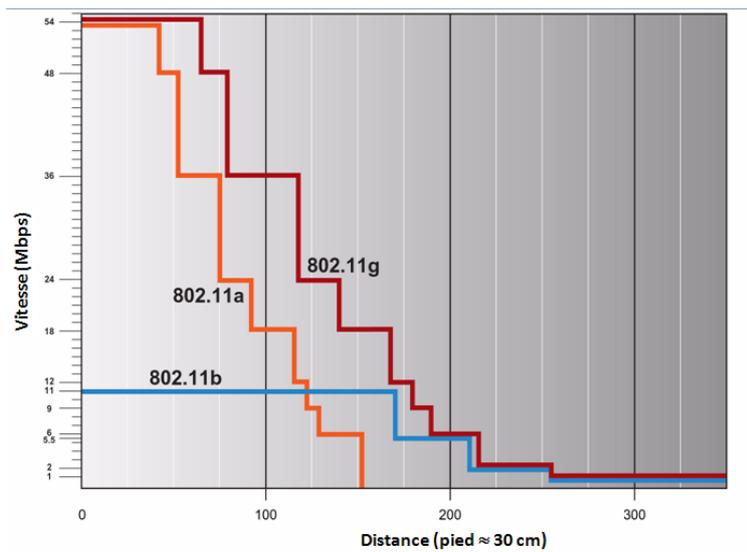


Figure 3.14 : Un canal dans l'OFDM

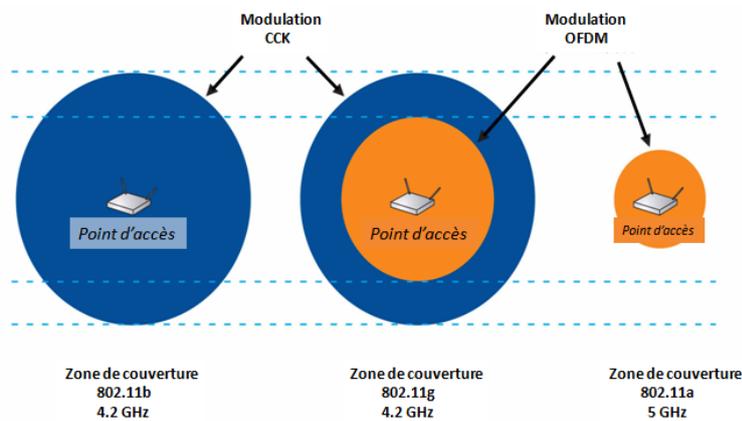
#### ◇ *La distance (l'étendue)*

Pour le réseau Wifi, le rapport de vitesse et la distance de transmission sont inversement proportionnelles, ce qui veut dire que lorsque une station est éloignée du point d'accès la vitesse de transmission sera réduite, et d'après la figure 3.15 qui représente le graphe de la vitesse en fonction de la distance, on voit que le IEEE 802.11a peut atteindre une vitesse élevée mais qu'il ne peut pas aller loin or que le IEEE 802.11b peut aller sur de grande distance mais sa vitesses maximale reste très faible. L'avantage de la norme IEEE 802.11g est qu'elle a pu exploiter les deux normes précédentes pour une transmission sur une distance et une vitesse maximale qui peuvent exister.



**Figure 3.15 :** Variation de la vitesse en fonction de la distance du IEEE 802.11a, b et g [15]

Il est bien claire à partir de la figure 3.16 que la norme IEEE 802.11g peut avoir la même surface de couverture que la norme IEEE 802.11b en utilisant la même bande de fréquence qui est de 2.4Ghz. Elle utilise les deux modulations CCK pour des distances maximales et OFDM pour garder les protocoles de base utilisés par la norme IEEE 802.11a.



**Figure 3.16 :** La ressemblance entre les normes IEEE 802.11a, b et g [15]

La distance et la capacité ne sont pas les seules caractéristiques de la norme IEEE 802.11g. Puisque il y a une forte relation entre les performances et le coût, d'autres points sont pris en considération. Pour plusieurs arguments, le IEEE 802.11g peut arranger entre les

caractéristiques de façon à leurs donner une meilleure combinaison qui convienne chaque utilisateur d'un réseau WLAN. Comme il est résumé sur le tableau 3.4, il est défini pour chaque type d'utilisateur le meilleur arrangement de caractéristiques qu'il lui convient.

Utilisateur du réseau	Vitesse maximale	Capacités	Distance	La compatibilité avec le IEEE802.11b	Coût
Entreprise	Élevé	Variable	Variable	Oui	Élevé
Accès publiques	Basse	Moyenne	Élevé	Oui	Moyenne
Petit centre commerciale	Moyenne	Moyenne	Élevé	Oui	Basse
Maison	Moyenne	Basse	Élevé	Oui	Basse

**Tableau 3.4 :** Utilisateurs du réseau WLAN et leurs caractéristiques

### 3.6 Conclusion

Dans le domaine des réseaux de communication, le réseau local sans fil WLAN est le réseau qui a pu montrer le plus d'avantages tels que la flexibilité qui est supérieure comparé au réseau filaire, la mobilité qui libère l'abonné de toute sorte de jonction physique, ce qui simplifie et réduit le coût d'installation, et la fiabilité qui assure une très bonne qualité de transmission.

L'évolution du réseau Wifi caractérisé par le standard IEEE 802.11 a donné naissance à la norme IEEE 802.11g. Les performances offertes par cette dernière comme la grande vitesse, la communication sur de larges zones de couverture et la compatibilité avec le standard IEEE 802.11b lui a permis d'être le standard le plus populaire.



---

# 4

## Optimisation des paramètres de codage vidéo sur un réseau IEEE802.11g

### 4.1 Introduction

Le chapitre 2 a été consacré à l'une des normes de codage vidéo les plus flexibles, le H.264/AVC, qui est devenue la référence, en termes d'efficacité et de puissance de codage. Dans le chapitre 3, nous avons aussi discuté de la norme IEEE802.11g et nous avons noté qu'elle figure parmi les standards les plus utilisés. En effet, cette norme est très flexible car elle est à la fois compatible avec la norme IEEE802b, qui est la plus déployée, et offre des débits élevés comparables à ceux de la norme IEEE802a. Du fait que la norme IEEE802g est destinée à un environnement sans fil, il convient d'étudier les contraintes qui s'imposent sur un codeur vidéo dans un tel environnement. Selon le type d'application, les contraintes diffèrent et les solutions envisagées peuvent être diverses. De façon générale, le choix des paramètres de codage a un grand impact sur la qualité de la vidéo reçue. Dans ce chapitre nous nous proposons donc de sélectionner, selon l'application, une classe de paramètres de codage vidéo qui sont adaptés à la nature de l'application considérée. En utilisant quelques paramètres qui peuvent contrôler le type d'encodage, le niveau de redondance, le débit ou la puissance d'émission, les applications doivent minimiser l'impact des pertes sur la vidéo décodée pour assurer une qualité minimale de transmission.

Le présent chapitre est organisé en 5 sections. Dans la section 2, nous présenterons le CoDec de référence qui a accompagné la publication de la norme H.264/AVC et nous discuterons de plusieurs rubriques incluant toute une liste de paramètres d'encodage. Dans la section 3, nous identifierons 3 types d'applications en discutant les contraintes qui s'imposent sur chacune d'elles. Nous tenterons alors d'identifier les paramètres d'encodage pertinents. Dans la section 4, les paramètres sélectionnés seront alors appliqués et quelques résultats d'encodage présentés. La section 5 conclura le chapitre.

## 4.2 Le CoDec JM de JVT

La norme H.264/AVC a connue un développement très important avec l'équipe JVT (Joint Video Team) qui a développé un programme de référence nommé JM (Joint Model) pour servir comme support pour la norme. Les programmes source JM sont formés de plusieurs fichiers (disponibles au téléchargement) écrits en langage C que nous avons réuni sous forme de projet et compilé sous MS-visual C++ pour générer les executables de l'encodeur et du décodeur. Les executables fonctionnent en ligne de commande et leur opération peut être contrôlée par l'intermédiaire d'un fichier de configuration divisé en plusieurs *rubriques*, dont chacune regroupe une *liste de paramètres* à choisir et à appliquer par l'encodeur vidéo. Dans la suite de cette section, nous donnerons un aperçu du contenu de quelques rubriques et nous tenterons d'expliquer l'influence de ces paramètres sur la qualité de la vidéo décodée [16].

La première rubrique, appelée `Files`, est une rubrique d'ordre général. Elle inclue toutes les informations sur les fichiers d'entrée/sorties. Par exemple, le paramètre `InputFile` décrit le nom de la séquence utilisée en entrée, son chemin et le format de la vidéo à coder. `InputHeaderLength` donne en octet la taille de l'en-tête du fichier d'entrée. `StartFrame` précise l'image initiale à coder tandis que `FramesToBeEncoded` désigne le nombre des images à coder, sauf les images à tranches B qui est par défaut égal à 1. `FrameRate` désigne la fréquence frame qui prend par défaut la valeur de 30 images/sec. La résolution est spécifiée par `SourceWidth` et `SourceHeight`. `TraceFile` regroupe les statistiques du codage, tandis que `ReconFile` est le fichier décodé à partir du fichier encodé. Enfin, `OutputFile` désigne le fichier de sortie. Un aperçu de cette rubrique est donné ci-dessous.

```
#####
# Files
#####
InputFile = "foreman_part_qcif.yuv"          # Input sequence
InputHeaderLength = 0                       # If the inputfile has a header,
state it's length in byte here
StartFrame = 0                             # Start frame for encoding. (0-N)
FramesToBeEncoded = 2                      # Number of frames to be coded
FrameRate = 30.0                           # Frame Rate per second (0.1-100.0)
SourceWidth = 176                           # Frame width
SourceHeight = 144                          # Frame height
TraceFile = "trace_enc.txt"
ReconFile = "test_rec.yuv"
OutputFile = "test.264"
```

La rubrique «Encoder Control» est relative au contrôle de l'encodage. L'efficacité du codage ainsi que le débit de sortie en dépendent. Dans cette rubrique, les paramètres les plus pertinents pour notre étude incluent la sélection du profile à travers le paramètre "ProfileIDC" ainsi que les paramètres de quantification "QPISlice" et "QPPSlice" pour les tranches I et P respectivement. "FrameSkip" est aussi un paramètre assez pertinent car il permet de réduire la résolution et donc le débit du flux vidéo codé. La plupart du reste des paramètres concernent principalement l'efficacité du codage en sélectionnant parmi un certain nombre de modes pour effectuer l'estimation et la compensation de mouvement. La rubrique «Encoder Control» est montrée ci-dessous.

```
#####
# Encoder Control
#####
ProfileIDC = 100 # Profile IDC (66=baseline, 77=main, 88=extended;
FREXT Profiles: 100=High, 110=High 10, 122=High 4:2:2, 144=High 4:4:4,
for params see below)
LevelIDC = 40 # Level IDC (e.g. 20 = level 2.0)

IntraPeriod = 0 # Period of I-Frames (0=only first)
EnableOpenGOP = 0 # Support for open GOPs (0: disabled, 1: enabled)
IDRIntraEnable = 0 # Force IDR Intra (0=disable 1=enable)
QPISlice = 28 # Quant. param for I Slices (0-51)
QPPSlice = 28 # Quant. param for P Slices (0-51)

FrameSkip = 1 # Number of frames to be skipped in input (e.g 2 will code
every third frame)
ChromaQPOffset = 0 # Chroma QP offset (-51..51)
UseHadamard = 1 # Hadamard transform (0=not used, 1=used for all subpel
positions, 2=use only for qpel)
DisableSubpelME = 0 # Disable Subpixel Motion Estimation
(0=off/default, 1=on)
SearchRange = 16 # Max search range

NumberReferenceFrames = 5 # Number of previous frames used for inter motion
search (1-16)
PList0References = 0 # P slice List 0 reference override (0 disable,
N <= NumberReferenceFrames)
Log2MaxFNumMinus4 = 0 # Sets log2_max_frame_num_minus4 (-1 : based on
FramesToBeEncoded/Auto, >=0 : Log2MaxFNumMinus4)
Log2MaxPOCLsbMinus4 = -1 # Sets log2_max_pic_order_cnt_lsb_minus4
(-1 : Auto, >=0 : Log2MaxPOCLsbMinus4)
```

```

GenerateMultiplePPS = 0 # Transmit multiple parameter sets. Currently
parameters basically enable all WP modes
(0: disabled, 1: enabled)
ResendPPS = 0 # Resend PPS (with pic_parameter_set_id 0) for
every coded Frame/Field pair (0: disabled, 1: enabled)
MbLineIntraUpdate = 0 # Error robustness(extra intra macro block updates)
(0=off, N: One GOB every N frames are intra coded)

RandomIntraMBRefresh = 0 # Forced intra MBs per picture
InterSearch16x16 = 1 # Inter block search 16x16 (0=disable, 1=enable)
InterSearch16x8 = 1 # Inter block search 16x8 (0=disable, 1=enable)
InterSearch8x16 = 1 # Inter block search 8x16 (0=disable, 1=enable)
InterSearch8x8 = 1 # Inter block search 8x8 (0=disable, 1=enable)
InterSearch8x4 = 1 # Inter block search 8x4 (0=disable, 1=enable)
InterSearch4x8 = 1 # Inter block search 4x8 (0=disable, 1=enable)
InterSearch4x4 = 1 # Inter block search 4x4 (0=disable, 1=enable)

IntraDisableInterOnly = 0 # Apply Disabling Intra conditions only to Inter
Slices (0:disable/default,1: enable)
Intra4x4ParDisable = 0 # Disable Vertical & Horizontal 4x4
Intra4x4DiagDisable = 0 # Disable Diagonal 45degree 4x4
Intra4x4DirDisable = 0 # Disable Other Diagonal 4x4
Intra16x16ParDisable = 0 # Disable Vertical & Horizontal 16x16
Intra16x16PlaneDisable = 0 # Disable Planar 16x16
ChromaIntraDisable = 0 # Disable Intra Chroma modes other than DC
DisposableP = 0 # Enable Disposable P slices in the primary layer
(0: disable/default, 1: enable)
DispPQPOffset = 0 # Quantizer offset for disposable P slices (0: default)

```

Pour les tranches B, les paramètres la concernant sont regroupés dans la catégorie titrée «B Slices». Dans cette catégorie, seul le paramètre "QPBSlice", qui désigne le paramètre de quantification à appliquer pour les tranches B, peut être considéré comme pertinent pour notre étude dans ce mémoire. L'ensemble des paramètres qui sont inclus dans cette rubrique sont les suivants :

```

#####
# B Slices
#####

NumberBFrames = 1 # Number of B coded frames inserted (0=not used)
QPBSlice = 30 # Quant. param for B slices (0-51)

```

```

BRefPicQPOffset = 0 # Quantization offset for reference B coded pictures
(-51..51)
DirectModeType = 1 # Direct Mode Type (0:Temporal 1:Spatial)
DirectInferenceFlag = 1 # Direct Inference Flag (0: Disable 1: Enable)
BList0References = 0 # B slice List 0 reference override
(0 disable, N <= NumberReferenceFrames)
BList1References = 1 # B slice List 1 reference override
(0 disable, N <= NumberReferenceFrames)
    # 1 List1 reference is usually recommended for normal GOP Structures.
    # A larger value is usually more appropriate if a more flexible
    # structure is used (i.e. using PyramidCoding)

BReferencePictures = 0 # Referenced B coded pictures (0=off, 1=on)

PyramidCoding = 0 # B pyramid (0= off, 1= 2 layers, 2= 2 full pyramid,
3 = explicit)
PyramidLevelQPEnable = 1 # Adjust QP based on Pyramid Level
(in increments of 1).
Overrides BRefPicQPOffset behavior.(0=off, 1=on)
ExplicitPyramidFormat = "b2r28b0e30b1e30b3e30b4e30"
    # Explicit Enhancement GOP. Format is {FrameDisplay_orderReferenceQP}.
    # Valid values for reference type is r:reference, e:non reference.
PyramidRefReorder = 1 # Reorder References according to Poc distance for
PyramidCoding (0=off, 1=enable)
PocMemoryManagement = 1 # Memory management based on Poc Distances for
PyramidCoding (0=off, 1=on)

BiPredMotionEstimation = 0 # Enable Bipredictive based Motion Estimation
(0:disabled, 1:enabled)
BiPredMERefinements = 3 # Bipredictive ME extra refinements (0: single,
N: N extra refinements (1 default)
BiPredMESearchRange = 16 # Bipredictive ME Search range (8 default).
Note that range is halved for every extra refinement.
BiPredMESubPel = 1 # Bipredictive ME Subpixel Consideration (0: disabled,
1: single level, 2: dual level)

```

«SP Frames», dont l'ensemble des paramètres d'encodage sont donnés à la suite de ce paragraphe, concerne l'insertion de trames spéciales qui servent pour la synchronisation et qui peuvent offrir aussi des points d'accès dans le flux vidéo codé. Ils peuvent servir pour la commutation entre plusieurs flux ou pour l'avance ou le retour rapide dans une séquence vidéo pré-codée. Ici, nous pouvons voir que l'on a un certain contrôle sur les paramètres de quantification à appliquer.

```
#####
# SP Frames
#####

SPPicturePeriodicity = 0 # SP-Picture Periodicity (0=not used)
QPSPSlice = 28 # Quant. param of SP-Slices for Prediction Error (0-51)
QPSP2Slice = 27 # Quant. param of SP-Slices for Predicted Blocks (0-51)
```

Dans la catégorie «Output Control, NALs», dont le contenu suit ce paragraphe, nous pouvons contrôler, entre autres, les paramètres utilisés dans le codage entropique en choisissant le mode à utiliser. Ici, nous pouvons choisir aussi d'utiliser ou non le DP (Data Partitionning) dans le cas du profil étendu. DP est un mode de codage très puissant, mais il faut noter qu'il augmente sensiblement le débit.

```
#####
# Output Control, NALs
#####

SymbolMode = 1 # Symbol mode (Entropy coding method: 0=UVLC, 1=CABAC)
OutFileMode = 0 # Output file mode, 0:Annex B, 1:RTP
PartitionMode = 0 # Partition Mode, 0: no DP, 1: 3 Partitions per Slice
```

H.264/AVC permet aussi de choisir entre le mode de codage avec entrelacement et le mode de codage progressif. Le contrôle de ces modes de codage est accessible à travers la catégorie "Interlace Handling". Un aperçu de son contenu est donné ci-dessous. Pour la télévision, par exemple, c'est le mode entrelacé qui est le standard d'usage.

```
#####
# Interlace Handling
#####

PicInterlace = 0 # Picture AFF (0: frame coding, 1: field coding,
2:adaptive frame/field coding)
MbInterlace = 0 # Macroblock AFF (0: frame coding, 1: field coding,
2:adaptive frame/field coding)
IntraBottom = 0 # Force Intra Bottom at GOP Period
```

Une des classes de paramètres les plus importants sont regroupés sous la catégorie "Error Resilience / Slices". Cette dernière inclut les paramètres qui déterminent le mode d'encodage des différentes tranches. Des outils de robustesse tels que FMO peuvent être, ici, activés. Pour contrôler la taille des paquets dans le flux vidéo codé, nous avons la possibilité de fixer par exemple le nombre de tranches dans une image ou le nombre de MBs par tranche. Ces outils



```

# 1: RD-on (High complexity mode)
# 2: RD-on (Fast high complexity mode - not work
in FREX Profiles)
# 3: with losses
DisableThresholding = 0 # Disable Thresholding of Transform Coefficients
(0:off, 1:on)
DisableBSkipRDO = 0 # Disable B Skip Mode consideration from RDO Mode
decision (0:off, 1:on)
SkipIntraInInterSlices = 0 # Skips Intra mode checking in inter slices if
certain mode decisions are satisfied (0: off, 1: on)
# Explicit Lambda Usage
UseExplicitLambdaParams = 0 # Use explicit lambda scaling parameters
(0:disabled, 1:enabled)
LambdaWeightISlice = 0.65 # scaling param for I slices. This will be used
as a multiplier i.e. lambda=LambdaWeightISlice * 2^((QP-12)/3)
LambdaWeightPSlice = 0.68 # scaling param for P slices. This will be
used as a multiplier i.e. lambda=LambdaWeightPSlice * 2^((QP-12)/3)
LambdaWeightBSlice = 2.00 # scaling param for B slices. This will be
used as a multiplier i.e. lambda=LambdaWeightBSlice * 2^((QP-12)/3)
LambdaWeightRefBSlice = 1.50 # scaling param for Referenced B slices.
This will be used as a multiplier i.e.
lambda=LambdaWeightRefBSlice * 2^((QP-12)/3)
LambdaWeightSPslice = 1.50 # scaling param for SP slices.
This will be used as a multiplier i.e.
lambda=LambdaWeightSPslice * 2^((QP-12)/3)
LambdaWeightSISlice = 0.65 # scaling param for SI slices.
This will be used as a multiplier i.e.
lambda=LambdaWeightSISlice * 2^((QP-12)/3)

LossRateA = 10 # expected packet loss rate of the channel for the first
partition, only valid if RDOptimization = 2
LossRateB = 0 # expected packet loss rate of the channel for the second
partition, only valid if RDOptimization = 2
LossRateC = 0 # expected packet loss rate of the channel for the third
partition, only valid if RDOptimization = 2
NumberOfDecoders = 30 # Numbers of decoders used to simulate the channel,
only valid if RDOptimization = 2
RestrictRefFrames = 0 # Doesnt allow reference to areas that have been
intra updated in a later frame.

```

Dans la catégorie de paramètres sous le titre «Rate control», nous pouvons noter que l'on peut fixer le débit en *bps* à la sortie de l'encodeur. Ceci est très important pour les canaux à

bande passante limitée. Dans ce cas une adaptation dynamique du paramètre de quantification est mise en jeu et la valeur initiale de celui-ci peut être choisie. La rubrique «Rate control» est montrée ci-dessous.

```
#####
#Rate control
#####

RateControlEnable =      0    # 0 Disable, 1 Enable
Bitrate = 45020    # Bitrate (bps)
InitialQP = 24     # Initial Quantization Parameter for the first I frame
                  # InitialQp depends on two values: Bits Per Picture,
                  # and the GOP length
BasicUnit = 11    # Number of MBs in the basic unit
                  # should be a fractor of the total number
                  # of MBs in a frame
ChannelType = 0   # type of channel( 1=time varying channel;
                  # 0=Constant channel)
```

Notons que des catégories de paramètres additionnelles sont proposées par le modèle JM. Celles-ci incluent les rubriques "Picture based Multi-pass encoding", "Loop filter parameters", "Fast Mode Decision", "FREXT stuff", "Q-Matrix (FREXT)", "Rounding Offset control", "Lossless Coding (FREXT)" et "Fast Motion Estimation Control Parameters" qui ne sont pas pertinentes pour notre étude.

### 4.3 Applications et caractéristiques

Pour une transmission réussie des données sur un réseau à commutation de paquets dans un environnement sans fil, il convient d'identifier pour les types d'applications et les contraintes qui s'imposent sur chacune d'elles (bande passante, taux de pertes de paquets, contraintes temporelles, etc ). Trois types d'applications peuvent être énumérées ici et qui sont une cible potentielle pour l'application de H.264/AVC.

1. Les applications en temps réel PCS (Packet-switched Conversational Services)
2. Les applications de diffusion en continu PSS (Packet-switched Streaming Services)
3. Les applications de téléchargement MMS (Multimedia Messaging Services)

Dans le reste de cette section, nous allons définir chaque application et discuter de ses caractéristiques, relativement à une transmission dans un environnement Wifi.

### 4.3.1 Applications en temps réel

Pour les applications en temps réel, telle que la vidéo-téléphonie et la vidéo-conférence, l'émission et la réception de l'information se fait simultanément par le CODEC vidéo. Les applications en temps réel sont caractérisées par des contraintes de temps très strictes. Le CODEC doit être capable de réagir en temps réel pour adapter les paramètres de codage en fonction du taux de perte évalué dans le réseau. Les nécessités du temps réel peuvent limiter le codage en évitant certains outils de codage inadaptés. Le moyen utilisé comme transport est le protocole UDP (User Datagram Protocol) qui se situe au niveau de la couche transport, pour un control d'erreurs au niveau de la couche application, UDP peut être associé au protocole RTP (Real-time Transport Protocol). Pour l'estimation de l'état d'un canal, dans ce cas, un protocole associé à RTP appelé RTCP (Real time Transmission Control Protocol) est chargé de fournir des informations qui peuvent servir au codeur vidéo.

Concernant les applications en temps réel, la qualité de la vidéo décodée n'a pas autant d'importance que dans les autres types d'applications ; les détails de la scène ne sont pas requis et un certain taux d'erreurs peut être toléré. Donc nous pouvons minimiser le débit de façon à ce que celui-ci ne dépasse pas la capacité du canal, mais un temps de réponse très court est primordial (le retard de transmission doit être de moins de 250 ms [17]). Pour minimiser le débit, nous pouvons contrôler le paramètre de quantification, et il s'agira alors de maintenir celui-ci à des valeurs qui résultent en des paquets (unités NAL) assez courts. Des paquets courts sont moins vulnérables aux pertes dans un environnement sans fil, où le taux d'erreurs binaire est généralement assez élevé.

Notons aussi que pour ce type d'applications, seule la prédiction temporelle (prédiction *Inter*) est utilisée. Donc une adaptation appropriée de QP est nécessaire. Le mode *Intra* n'est utilisé que d'une façon très limitée pour corriger rapidement la propagation d'erreurs dans les images successives, car la taille des paquets correspondants aux tranches codées en mode *Intra* est très élevé.

Pour réduire les pertes de paquets et limiter les erreurs, il faut aussi introduire le codage par tranche pour que le codage résulte en de petits paquets. En effet, avec RTP au niveau de la couche *application*, une tranche est encapsulée dans un paquet RTP et avec des paquets RTP de tailles raisonnables, la fragmentation au niveau IP peut être évitée.

Pour limiter la propagation des erreurs, on peut aussi utiliser la référence multiple (utiliser plusieurs images comme référence). L'utilisation de FMO peut aussi rendre le flux vidéo codé robuste aux erreurs de transmission. Ainsi, le profile qui convient à ce type d'applications est probablement le profile de base. Bien que DP, qui est dans le profile étendu, est aussi un outil de robustesse intéressant, son utilisation augmente sensiblement le débit.

### 4.3.2 Applications de diffusion en continu (streaming)

Avec les applications de streaming, le temps n'a pas autant d'importance comme c'est le cas dans les applications en temps réel. Le streaming consiste en une demande d'affichage

d'une vidéo qui a été précédemment codée et stockée en mémoire. Dans ce type d'application, la transmission commence en premier lieu, puis l'affichage de la vidéo se fait après un certain temps durant lequel un buffer à la réception se remplit et garantir par la suite un affichage continu. La durée complète se compose donc du temps nécessaire pour l'affichage plus un temps d'attente initial. Ici, le CODEC vidéo peut faire appel à toute la puissance de codage disponible et les contraintes se posent seulement au niveau du transport qui est bien détaillé dans [2]. Une suggestion de profile adéquat pour ce type d'application est l'utilisation du profile étendu. Le profile étendu permet d'utiliser le DP pour rendre robuste la vidéo codée contre les erreurs de transmission. Du fait que le codage se fait séparément de la transmission, nous pouvons dans ce cas optimiser l'encodage en activant l'optimisation R/D.

### 4.3.3 Applications de téléchargement de la vidéo

Contrairement aux deux applications précédentes, le téléchargement de vidéos n'impose pas de contraintes spécifiques car le codage, le décodage et le transport sont complètement séparés. Le codage peut avoir recours à toute la puissance de codage disponible. Le signal vidéo est codé puis enregistré dans un medium adéquat. La transmission de la vidéo est possible à tout moment en utilisant le signal stocké. Le décodeur ne commence son opération que lorsque la transmission du fichier est terminée, et le transport est assuré grâce à un protocole fiable tel que FTP (File Transfer Protocol) ou HTTP (Hyper Text Transfer Protocol).

En MMS, le plus important pour l'abonné est la qualité de la vidéo mais pas le temps de téléchargement. Pour effectuer une compression efficace avec une haute qualité, nous devons tolérer un débit assez élevé, ce qui est possible avec l'insertion régulière des images *Intra*, et appliquer une fréquence trame convenable pour garder la même qualité dans toutes les séquences. Pour ne pas exagérer le débit et pouvant causer un taux d'erreurs important, nous pouvons introduire les tranches SP qui peuvent à la fois minimiser le débit tout en mettant à la disposition du décodeur de points d'accès pour permettre la synchronisation et la commutation entre plusieurs flux vidéo codés. En se basant sur ces observations, nous pouvons noter que lorsque les tranches SP ou SI ne sont pas nécessaires le profile étendu sera adéquat alors que si l'entrelacement est désirable le profile principal est plus adéquat.

## 4.4 Test des paramètres de configuration

Dans cette section, nous effectuons une sélection de paramètres pour les trois types d'application citées dans la section précédente, puis nous appliquerons les paramètres choisis pour coder une séquence vidéo test. La séquence que nous avons choisi pour les tests est la séquence Calendar pour des raisons de disponibilité mais aussi pour la richesse de son contenu. Les scènes sont très riches non seulement en mouvement mais aussi en variations spatiales.

### 4.4.1 Applications en temps réel

La sélection de paramètres que nous avons faite pour ce type d'applications est comme suit :

1. Profile utilisé = profile de base.
2. Fréquence frame = 15 images/seconde.
3. Format des images de la séquence = QCIF.
4. Nombre d'octets par tranche fixe. Ceci permet de contrôler la taille des paquets. En particulier, pour notre application nous avons choisi de fixer la taille des paquets à 256 bits qui est une taille raisonnable dans un environnement sans fil tel que le IEEE802.11g.
5. RDOptimization = désactivée.
6. Rate control = activé. Ici nous laissons le paramètre QP initial à sa valeur par défaut, c'est à dire 24, et nous avons ciblé un débit de 128 Kbits/sec [17] en conformité avec certains standards.

Le tableau 4.1 donne quelques résultats obtenus à partir des paramètres que nous avons choisis.

Frame	Bit/pic	QP	SnrY	SnrU	SnrV	Time(ms)
0000(NVB)	176					
0000(IDR)	188136	24	37.642	37.655	37.700	62
0001(P)	179512	24	35.272	35.215	35.146	312
0005(P)	116144	32	27.799	28.571	28.479	1266
0010(P)	40936	42	18.806	23.060	22.883	2578
0015(P)	20784	51	14.475	21.704	21.531	2718
0020(P)	14280	51	16.998	24.875	24.409	2750
0025(P)	25616	51	15.402	20.925	20.905	2703
0030(P)	23008	51	14.748	21.921	21.660	2719
0035(P)	21128	51	15.075	21.236	21.850	2719
0040(P)	20648	51	15.764	21.839	21.292	2734
0045(P)	24000	51	15.636	21.129	21.080	2703
0049(P)	22488	51	15.830	20.967	21.140	2703

**Tableau 4.1 :** Résultats de l'application en temps réel

La figure 4.1 montre la variation du paramètre de quantification QP en fonction du numéro de trame codée. Remarquons que le paramètre de quantification est adapté dynamiquement par l'encodeur avec comme objectif d'atteindre un débit de sortie cible constant tel que nous l'avons fixé. Lorsque le débit cible est atteint, QP se stabilise vu que le contenu vidéo dans la séquence test reste similaire d'une trame à l'autre.

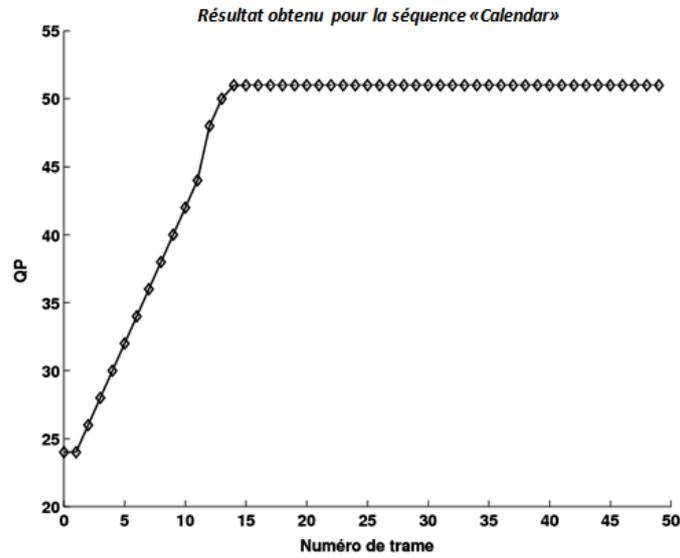


Figure 4.1 : Adaptation dynamique du paramètre de quantification QP

Pour ce type d'applications, les résultats du rapport signal sur bruit à la sortie sont montrés par la figure 4.2. Remarquons que SNR-Y prend des valeurs appréciables au début de l'encodage et qu'il diminue par la suite. C'est donc en quelque sorte un sacrifice du PSNR pour respecter la contrainte sur la capacité du canal. Cela est conforme aux exigences de la vidéoconférence où les exigences sur la qualité ne sont pas importantes alors qu'il est primordial d'adapter le débit à la capacité du canal.

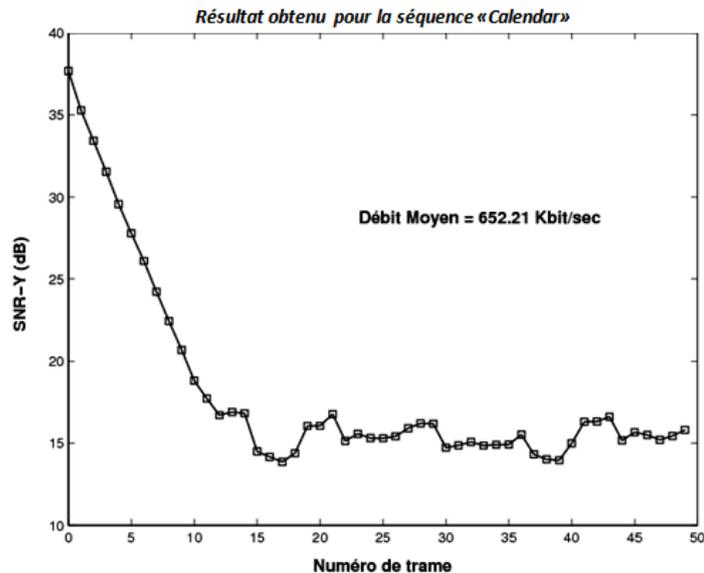


Figure 4.2 : SNR-Y en fonction des n° de trames codées pour les applications en temps réel

#### 4.4.2 Applications de diffusion en continu (streaming)

Pour les applications de streaming, le choix des paramètres utilisés est le suivant :

1. Profile utilisé = profile étendu.
2. Fréquence trame = 25 images/seconde (norme européenne qui est aussi d'usage en Algérie).
3. Nombre d'octets par tranche fixe. Ceci permet de contrôler la taille des paquets. En particulier, pour notre application nous avons choisi de fixer la taille des paquets à 256 bits qui est une taille raisonnable dans un environnement sans fil tel que le IEEE802.11g.
4. RDOptimization = activée.
5. Codage par partitions (DP activé).
6. Rate control = désactivée.

Le tableau 4.2 suivant représente les résultats obtenus.

Frame	Bit/pic	QP	snrY	snrU	snrV	Time(ms)
0000	166808	28	34.594	33.820	33.794	735
0010	155824	28	32.169	31.909	31.573	2797
0020	104032	28	32.481	32.438	32.434	4750
0030	160760	28	32.443	32.367	32.291	4500
0040	148536	28	31.993	31.759	31.600	6437
0050	153088	28	32.410	31.544	31.439	4546
0060	166920	28	32.374	32.011	31.584	4594
0070	160480	28	32.345	31.554	31.601	4500
0080	152856	28	32.329	31.599	31.556	4640
0090	160984	28	32.306	31.458	31.535	4734
0097	128832	30	29.822	30.435	30.422	5547

**Tableau 4.2 :** Résultats de l'application du streaming

La figure 4.3 représente l'évolution du SNR-Y en fonction du numéro de trame utilisée. Lorsque l'encodeur H.264/AVC commence l'opération de codage, le SNR-Y prend une grande valeur correspondant à l'encodage de la trame IDR (la première trame à coder dans une séquence vidéo et qui est souvent codée en mode intra). Par la suite on remarque qu'il reste autour de 30 dB avec des variations de l'ordre d'un peu plus 1 dB. Nous pouvons remarquer ici que le SNR reste donc à une valeur appréciable correspondant à une bonne qualité de la vidéo codée. Il est cependant intéressant de noter aussi que le débit moyen est assez élevé. Ceci est dû à la fois pour le fait que DP a été utilisé pour assurer une certaine robustesse et que le codage lui-même a été optimisé pour la meilleure qualité possible.

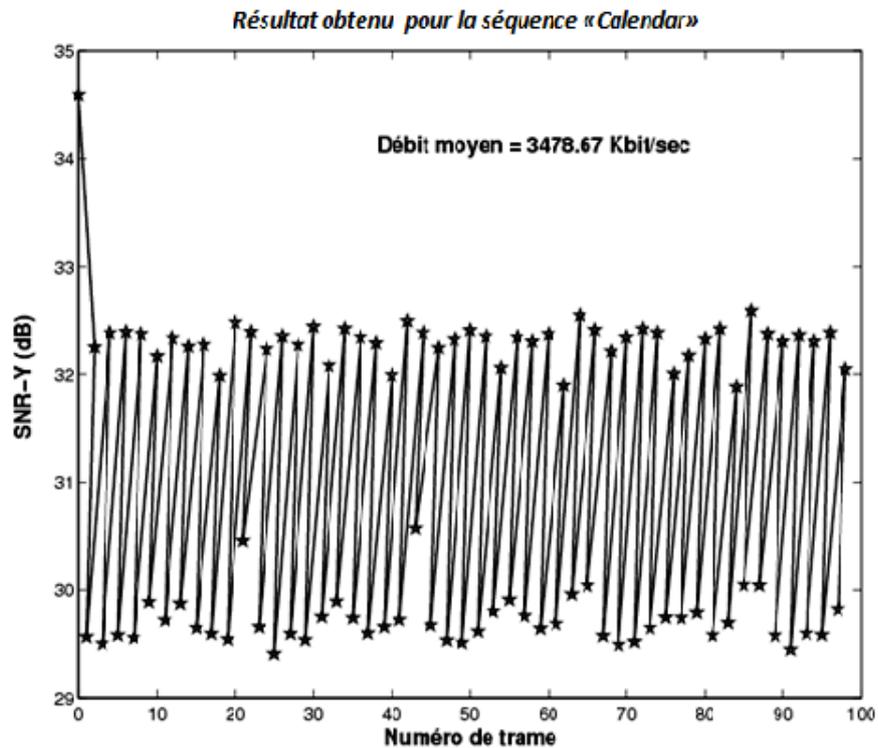


Figure 4.3 : SNR-Y en fonction des n° de trames codées pour les applications de streaming

#### 4.4.3 Applications de téléchargement de la vidéo

Le résumé des paramètres concernant les applications de téléchargement est comme suit :

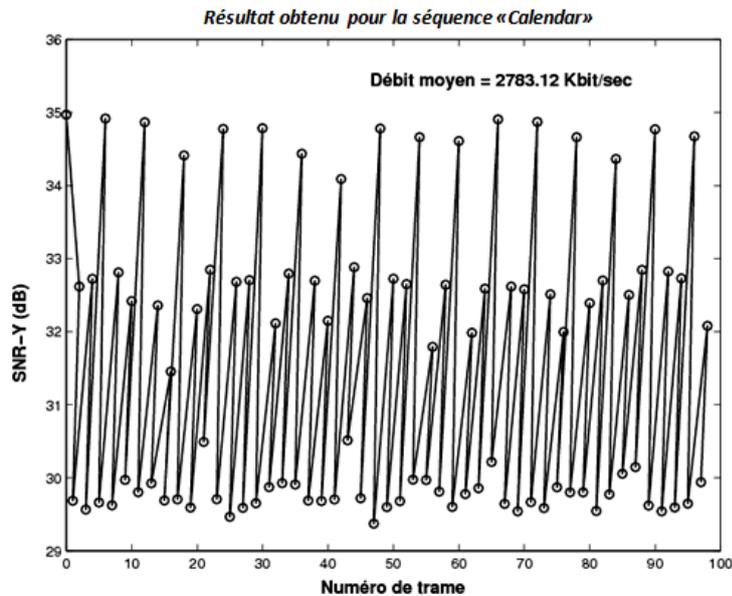
1. Profile utilisé = profile principal.
2. Fréquence trame = 25 images/seconde (norme européenne qui est aussi d'usage en Algérie).
3. Introduire les tranches SP.
4. Codage entrelacé.

Le tableau des résultats est le suivant.

Frame	Bit/pic	QP	SnrY	SnrU	SnrV	Time(ms)
0000	140496	28	34.971	33.941	33.917	875
0010	127840	28	32.419	32.012	31.647	2781
0020	50376	28	32.310	32.473	32.523	4390
0030	135952	28	34.786	34.961	34.495	1422
0040	119944	28	32.149	31.781	31.571	4765
0050	130368	28	32.725	31.652	31.663	4734
0060	139408	28	34.610	34.255	33.889	1422
0070	133336	28	32.580	31.631	31.704	4688
0080	122568	28	32.391	31.585	31.709	4641
0090	135016	28	34.770	33.722	33.769	1375
0097	99328	30	29.939	30.461	30.312	5234

**Tableau 4.3 :** Résultats de l'application du téléchargement

Les résultats obtenus en appliquant ces paramètres sur l'encodeur JM sont montrés par la figure 4.4. Ici, comparé aux applications de streaming, le débit moyen est moindre mais les variations du SNR-Y sont plus importantes autour de la valeur moyenne. Ces variations du SNR sont dues à l'insertion régulière de MBs codés en Intra pour minimiser la propagation d'erreurs, du fait qu'aucun mécanisme de robustesse n'a été prévu ici. Le débit moyen est moindre, comparé aux applications de streaming, car pour ces applications l'encodeur effectue par défaut l'insertion de tranches B qui sont de tailles beaucoup moins importantes que celles des tranches I ou P.



**Figure 4.4 :** SNR-Y en fonction des n° de trames codées pour les applications de téléchargement

## 4.5 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons pu voir en premier lieu l'utilité de la transmission par paquets pour accéder à l'internet. Nous avons aussi introduit le programme de référence de JVT et nous avons expliqué en détails l'influence des paramètres de codage sur le comportement global de l'encodeur. Nous avons ensuite discuté des différentes applications et nous avons expliqué les contraintes qui s'imposent sur elles. Nous avons alors proposé trois sélections de paramètres de codage à appliquer et avons présenté les résultats de simulation en utilisant une séquence vidéo test. Les résultats obtenus ont montré clairement que les sélections proposées sont conforme à nos attentes.



---

# Conclusion

Au cours de ce projet de fin d'étude, nous avons organisé notre étude en quatre parties qui se succèdent harmonieusement. Nous avons d'abord étudié les principes du codage vidéo en général, puis nous avons expliqué leur intégration dans la norme H.264. Nous avons alors décrit les caractéristiques de la norme IEEE802.11 et, en se basant sur tous ces éléments, nous avons alors proposé trois classes de paramètres de codage vidéo qui sont optimisés pour les trois types d'application qui se retrouvent communément dans un réseau de communication sans fil.

Dans la première partie nous avons défini en premier lieu défini les éléments essentiels caractérisant une séquence vidéo tels que les différentes formes de redondances, les formes apparentes des signaux vidéo destinés à une bonne représentation d'images. Nous avons aussi considéré les types de compression avec et sans pertes et cité brièvement, par la suite, les formats vidéo et leurs caractéristiques. Nous avons aussi abordé le codage hybride de source vidéo qui est bâti sur : une étape de prédiction temporelle par estimation et compensation de mouvement, une transformée spatiale en cosinus discrète (DCT) et un codage entropique de Huffman. Nous avons donné ensuite les principales normes de codage vidéo hybrides et leurs applications.

Le standard le plus utilisé pour l'encodage et le décodage des données vidéo est la norme H264/AVC. Nous avons donc consacré la deuxième partie à l'étude de celui-ci. Nous avons expliqué le principe de son fonctionnement et les propriétés des couches VCL et NAL qui le constituent. Par la suite nous avons défini les profils et les niveaux exploités par la norme H.264/AVC pour les transactions entre les différentes applications et nous nous sommes intéressés à la description des mécanismes de robustesse qui offrent une efficacité très élevée servant à assurer une bonne qualité de la vidéo. Nous avons prouvé une efficacité par comparaison que nous avons effectué entre les deux normes H.263 et H.264.

Pour une bonne qualité d'une chaîne de transmission vidéo, nous avons utilisé la technologie Wifi qui offre un réseau sans fil WLAN à haut débit, tenant compte de la distance limitée (dizaine de mètres) entre une station et un point d'accès. La technologie WiFi a été donc présentée dans la troisième partie. Ainsi, nous avons suivi l'évolution du standard IEEE 802.11 pour pouvoir distinguer les spécificités de chaque version qui dérive de ce standard. Pour expliquer les techniques d'accès à un réseau Wifi, nous avons exposé l'architecture en

couches qui inclue les deux couches physique et liaison de données du modèle d'interconnexion OSI. Nous avons aussi présenté un résumé de l'architecture cellulaire qui fonctionne en deux modes (infrastructure et Ad Hoc) et des éléments essentiels qui composent un réseau Wifi comme la carte, le point d'accès et l'antenne Wifi. Finalement, nous sommes intéressés à la norme IEEE 802.11g qui est la plus utilisée actuellement et avons cité ses caractéristiques, motivant ainsi notre intérêt pour cette norme.

Les différentes connaissances acquises sur le codage de source, la norme H.264/AVC et la norme IEEE 802.11g ont constitué pour nous une base pour proposer une sélection de paramètres de codage vidéo à appliquer sur quelques types d'applications que nous avons identifiées. Cette étude a fait l'objet de la dernière partie de ce mémoire. Les sélections de paramètres ont été ensuite appliquées et les résultats obtenus ont été présentés et discutés.

Au terme de cette étude, plusieurs perspectives sont envisageables. Nous pensons en particulier que puisque nous avons considéré ici uniquement les paramètres de codage de source qui ont été directement intégrés dans le standard H.264, une étude sur un codage de canal serait intéressante et appropriée.

---

# Bibliographie

- [1] M. Mekideche, "Codage des images vidéo couleur par compensation temporelle et spectrale."
- [2] M. Azni, *Codage Conjoint Source Canal : Modèle et Application à la Transmission Vidéo*. Editions Universitaires Européennes, 2011.
- [3] G. Côté and L. Winger, "Progrès récents dans le domaine de la compression vidéo," *IEEE Canadian Review - Spring*, 2002.
- [4] A. Mehaoua, "Principes et normes de compression audio-vidéo," Université de Versaille, Laboratoire CNRS PRISM, Etats-Unis.
- [5] M. Clare, "Codage vidéo," ENSTA, février 2006.
- [6] G. Huchet, "Nouvelles méthodes de codage vidéo distribué," Ph.D. dissertation, Université Laval, Québec, 2009.
- [7] I. E. G. Richardson, *H.264 and MPEG-4 Video Compression : Video Coding for Next-generation Multimedia*. John Wiley and Sons Ltd, 2003.
- [8] M. Barlaud and C. Labit, *Compression et Codage des Images et des Vidéos*. paris : Hermes science, 2002.
- [9] H. Hsu, *Signaux et Communications*, ediscience ed. Dunod, 2004, no. 2<sup>ième</sup> édition, original edition copyright©2003 by the MCGraw-Hill companies INC.
- [10] T. André, "Codage vidéo scalable et mesure de distorsion entropique," Master's thesis, Université de Nice-Sophia Antipolis, septembre 2007.
- [11] F. Jebali, M. Kaab, N. Elfadi, and Y. Chaar, "Etude et intégration de la chaîne de décodage de la norme h264/AVC(IICT et IQ) sous une plateforme embarquée," Institut Polytechnique Bordeaux, Tech. Rep., 2011.
- [12] R. Schäfer, T. Wiegand, and H. Schwarz, "H.264/AVC : la norme qui monte," *UER-Revue technique*, 2003.
- [13] M. Kbida, "Etude, planification et dimensionnement d'un réseau d'accès WI-FI," Ecole Supérieur des Communications de Tunis, 2005.
- [14] Z. Kherbache and A. Laribi, "Étude de la qualité de service (qos) dans les réseaux WIFI," Master's thesis, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Juillet 2011.

- [15] A. Parkway, "IEEE802.11g : The new mainstream wireless LAN standard," *WHITE PAPER*, fevrier 2003.
- [16] A. M. Tourapis, *Revised H.264/MPEG-4 AVC Reference Software Manual*, Octobre 2005.
- [17] T. Stockhammer, M. M. Hannuksela, and T. Wiegand, "H.264/AVC in wireless environments," *IEEE Transation on Circuits and Systems For Video Technology*, juillet 2003.