

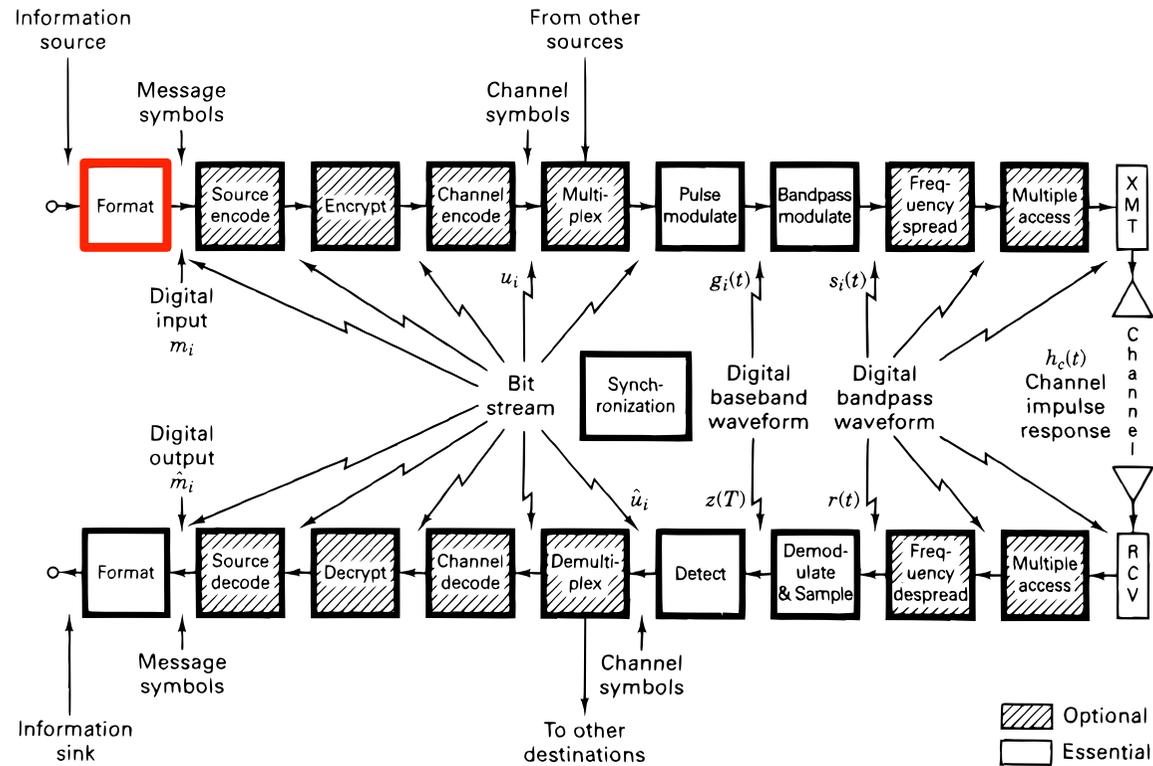
# Formatage des Données

Transmissions Numériques

Cédric RICHARD

Université Nice Sophia Antipolis

# FORMATAGE DES DONNÉES



Digital Communications, B. Sklar, Prentice Hall

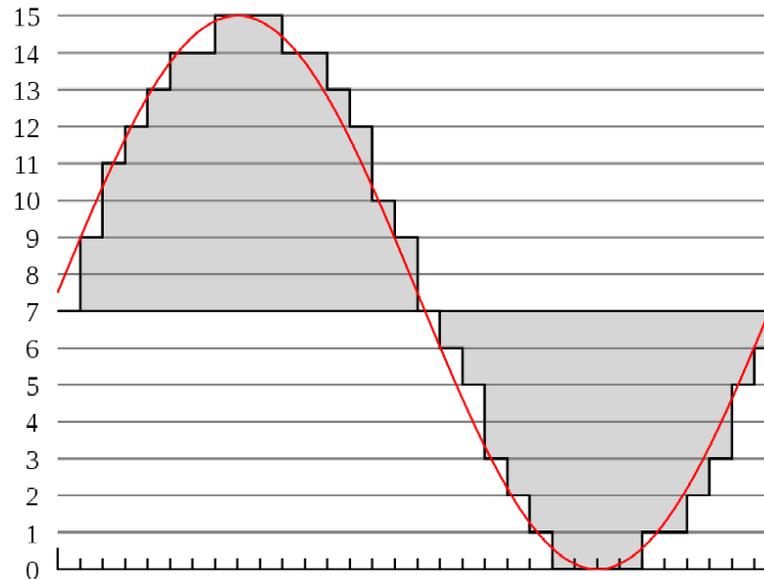
# FORMATAGE DES DONNÉES

Analogique vs digital

---

## Sources analogiques

- ▷ Echantillonnage
- ▷ Quantification
- ▷ Codage
- ▷ Exemple : PCM (pulse code modulation)



# FORMATAGE DES DONNÉES

Analogique vs digital

---

## Sources discrètes

- ▷ Transformation des données en symboles binaires via un code
- ▷ Exemple : données alphanumériques avec CCITT no. 5 (7 bits) dit ASCII 7

$b_6b_5b_4 \rightarrow$ $b_3b_2b_1b_0 \downarrow$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	à <sup>(1)</sup>	P	\ <sup>(1)</sup>	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	# <sup>(1)</sup>	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$ <sup>(1)</sup>	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	° <sup>(1)</sup>	k	é <sup>(1)</sup>
1100	FF	FS	,	<	L	ç <sup>(1)</sup>	l	ù <sup>(1)</sup>
1101	CR	GS	-	=	M	§ <sup>(1)</sup>	m	è <sup>(1)</sup>
1110	SO	RS	.	>	N	^ <sup>(1)</sup>	n	~ <sup>(1)</sup>
1111	SI	US	/	?	O	_ <sup>(1)</sup>	o	DEL

ASCII 7

# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression des images fixes et animées : motivations

---

Le développement des outils informatiques s'est accompagné d'un usage généralisé des images numériques, fixes ou animées.

exemples : multimédia, jeux vidéo, imagerie, etc.

En raison de la quantité importante d'information qu'elles représentent, les images numérisées posent de nombreux problèmes de transmission et de stockage.

—→ **compresser les images est une nécessité**

Une méthode de compression d'image doit satisfaire 2 impératifs :

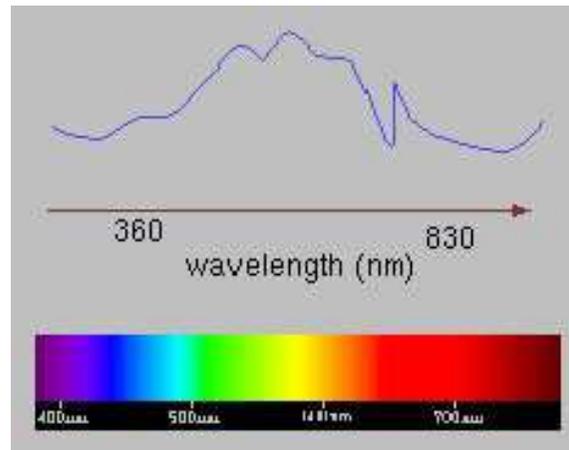
- ▷ **rapidité d'exécution**
- ▷ **qualité du résultat**

# FORMATAGE DES DONNÉES

## Système visuel humain

---

La lumière visible correspond à une onde électromagnétique dans la gamme des longueurs d'onde [400 nm - 800 nm].



Notre rétine est tapissée de cellules photosensibles comprenant :

- ▷ les bâtonnets responsable de notre vision nocturne
- ▷ trois types de cônes responsables de la perception de la couleur.

# FORMATAGE DES DONNÉES

## Modèles de couleur

---

Une image en couleur peut être codée dans un espace à 3 dimensions. Le choix de l'espace dépend du traitement que l'on souhaite appliquer.

### **Modèle RGB** (moniteur)

synthèse additive : somme pondérée de 3 couleurs primaires (rouge, vert, bleu)

### **Modèle CMY** (imprimerie)

synthèse soustractive : différence pondérée entre le blanc et 3 couleurs complémentaires du rouge, vert, bleu (cyan, magenta, jaune).

### **Modèle HSV** (logiciel de dessin)

combine luminance, chrominance et intensité.

### **Modèle YCbCr**

comme le précédent, combine luminance et chrominance (bleue et rouge).

# FORMATAGE DES DONNÉES

Système visuel humain

---

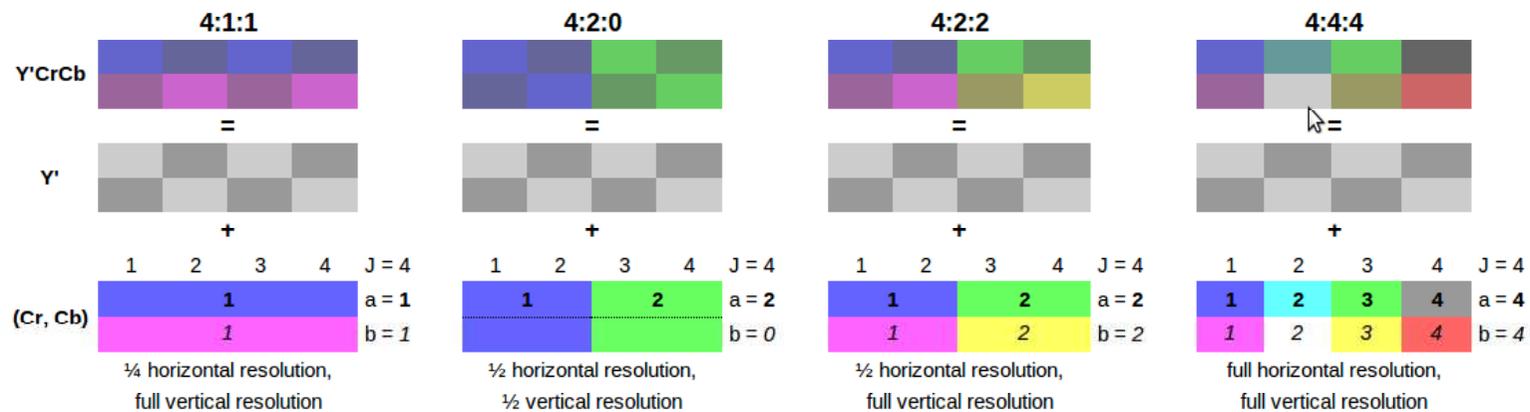
La sensibilité de l'oeil beaucoup plus grande aux variations d'intensité (luminance) qu'aux variations de couleur (chrominance).



# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression des images fixes : JPEG

Pour exploiter cette faible sensibilité de l'œil humain à la chrominance, JPEG procède d'abord à un sous-échantillonnage des signaux de chrominance Cr/Cb.



source : Wikipédia

- ▷  $J$  : largeur de la plus petite matrice de pixels considérée (généralement 4)
- ▷  $a$  : nombre de composantes de chrominance sur la 1<sup>ère</sup> ligne
- ▷  $b$  : nombre de composantes de chrominance supplémentaires sur la 2<sup>e</sup> ligne

# FORMATAGE DES DONNÉES

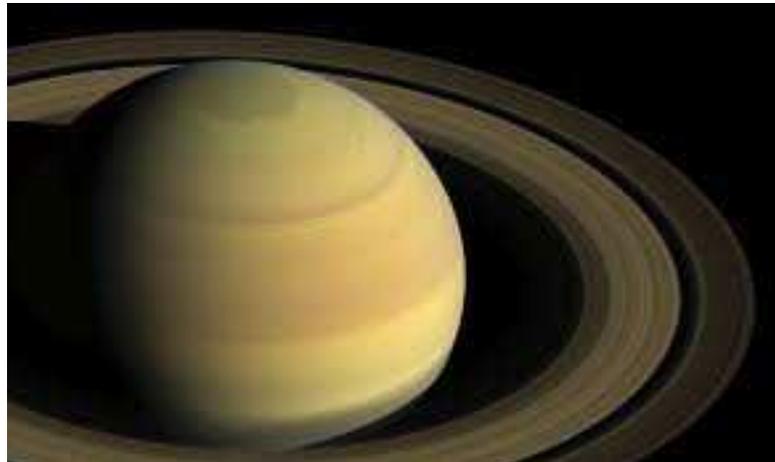
## Compression des images fixes : JPEG

---

Une image est généralement composée de zones uniformes (BF spatiales) et de contours (HF spatiales).

- BF spatiales : position et formes des objets
- HF spatiales : piqué de l'image, texture

▷ **JPEG** procède à une analyse fréquentielle



# FORMATAGE DES DONNÉES

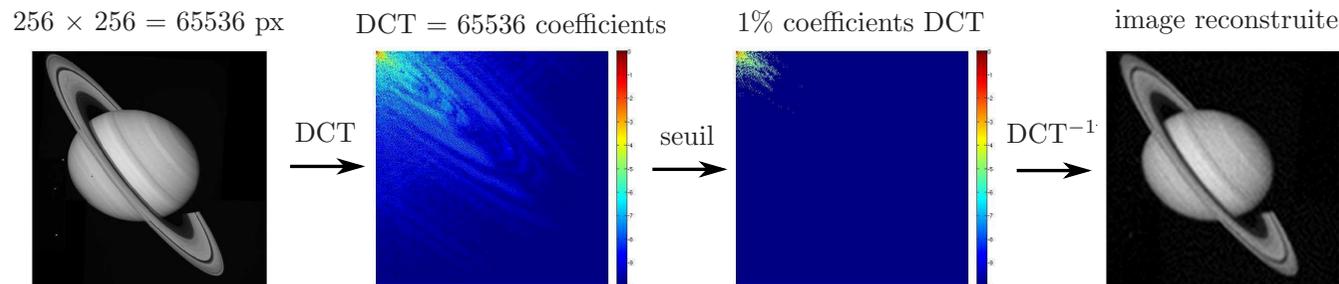
## Compression des images fixes : JPEG

### La DCT (discrete cosine transform)

Transforme un bloc de pixels en un bloc de même taille, dont les coefficients correspondent à une décomposition en fréquences spatiales.

$$T(u, v) \propto \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right)$$

$$f(x, y) \propto \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} T(u, v) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right)$$



# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression des images fixes : JPEG

---

JPEG applique la DCT à l'image  $f$ . Il en résulte l'image  $T$ .

$$f = \begin{pmatrix} 140 & 144 & 147 & 140 \\ 144 & 152 & 140 & 147 \\ 152 & 155 & 136 & 167 \\ 168 & 145 & 156 & 160 \end{pmatrix} \longrightarrow T = \begin{pmatrix} 189 & 18 & 1 & 0 \\ 14 & 12 & -3 & 0 \\ 6 & 10 & -2 & 1 \\ 2 & -3 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

### ▷ JPEG procède à une quantification

L'image  $T$  est pondérée de sorte à réduire l'influence des basses fréquences spatiales. Les résultat est arrondi à l'entier le plus proche (EPP) :

$$\text{EPP} \left\{ \left( \begin{pmatrix} 189 & 18 & 1 & 0 \\ 14 & 12 & -3 & 0 \\ 6 & 10 & -2 & 1 \\ 2 & -3 & 0 & 0 \end{pmatrix} / \begin{pmatrix} 3 & 5 & 7 & 9 \\ 5 & 7 & 9 & 11 \\ 7 & 9 & 11 & 13 \\ 9 & 11 & 13 & 15 \end{pmatrix} \right) \right\} \longrightarrow T_p = \begin{pmatrix} 63 & 4 & 0 & 0 \\ 3 & 2 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

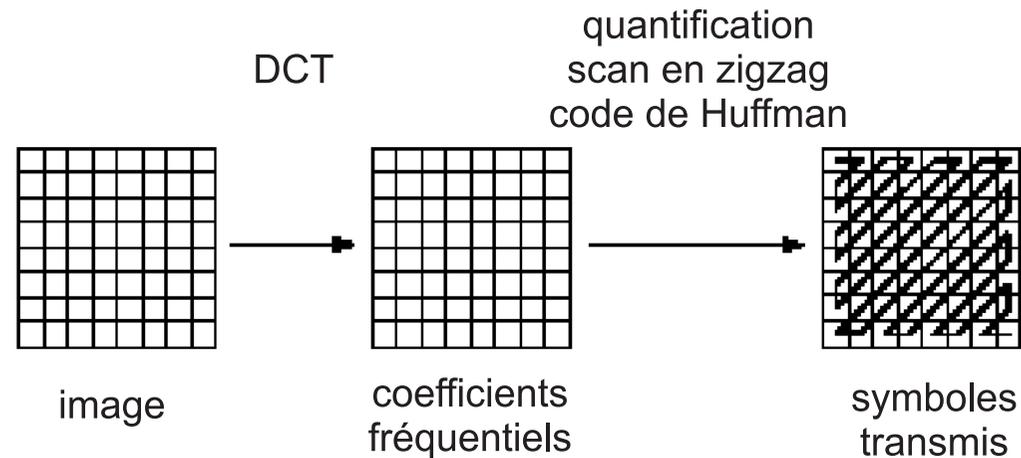
# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression des images fixes : JPEG

---

La norme JPEG (ISO/UIT-T 1990) repose sur le schéma de compression exposé précédemment, appliqué à des blocs de  $(8 \times 8)$  pixels.

L'image finale  $T_p$  est enfin codée par la méthode de Huffman.

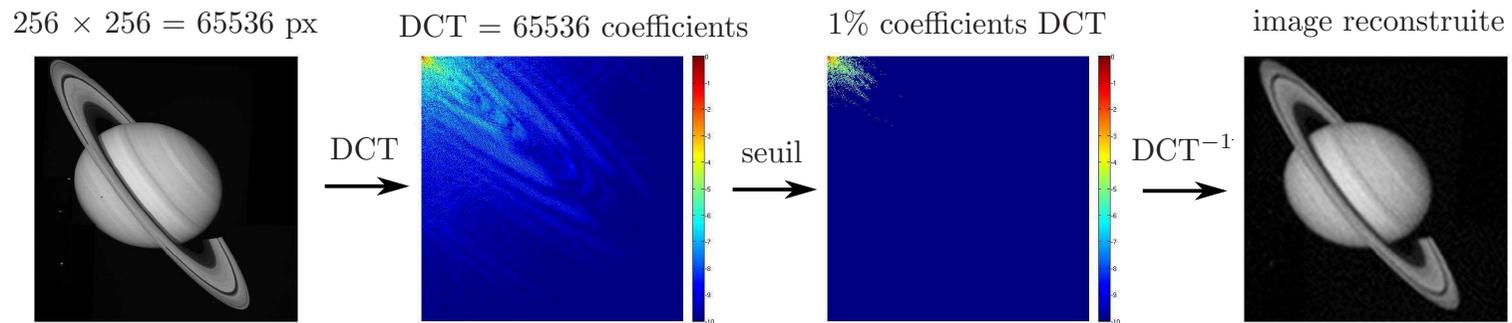


La décompression consiste en une pondération inverse et une DCT inverse.

# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression des images fixes : JPEG

---



# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression des images animées

---

Les moyens de transmission classiques supportent des débits limités :

- câble coaxial : bande passante de 8 MHz, débits de 45 Mbits/s
- satellite : bande passante de 36 MHz, débits de 55 Mbits/s

▷ les signaux vidéo nécessitent d'être compressés

### **Compression sans perte**

Les données décompressées sont identiques aux données initiales. Le taux de compression moyen atteint, de l'ordre de (2:1), est insuffisant.

### **Compression avec perte**

On atteint des taux de compression élevés, de l'ordre de (300:1). Les axes exploités sont la quantification et l'élimination des redondances spatiale et temporelle.

# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression des images animées

---

L'élimination de la redondance temporelle repose sur le fait que l'on peut prédire le déplacement d'un objet à partir des images antérieures.

Le fichier compressé contient les informations suivantes :

- **vecteur de déplacement** entre bloc de référence et bloc codé
- **terme correctif** entre bloc de référence et bloc codé

▷ recherche d'un compromis efficacité/complexité.

# FORMATAGE DES DONNÉES

Compression des images animées : MPEG-1 (1988-1992)

---

L'algorithme MPEG-1 fut originellement conçu pour obtenir un taux de transferts compatible avec celui d'un lecteur de CD-ROM à simple vitesse, soit 1.5 Mbits/s. Il permet le stockage de vidéos dans une qualité proche des cassettes VHS sur un CD.

L'algorithme MPEG-1 est constitué de 2 couches :

- **couche système** : synchronisation du son et des images
- **couche compression** : action sur les données audio et vidéo

Ce standard définit 3 types d'images pour le flux vidéo :

- **Images I** : intra pictures
- **Images P** : predicted pictures
- **Images B** : bidirectional pictures

# FORMATAGE DES DONNÉES

Compression des images animées : MPEG-1 (1988-1992)

---

## **Les images I**

Elles sont compressées indépendamment du contexte, comme des images JPEG, et positionnées typiquement toutes les 0.5 secondes.

Elles sont utiles notamment pour les flux vidéo qui peuvent être pris en cours de route, et sont indispensables en cas d'erreur dans la réception.

## **Les images P**

Elles sont codées par rapport aux images qui les précèdent. Elles ont l'inconvénient de propager les erreurs.

L'encodeur recherche définit des blocs, appelés macroblocs ( $16 \times 16$  pixels) qui se superposent à l'image précédente, qu'elles demandent d'avoir en mémoire.

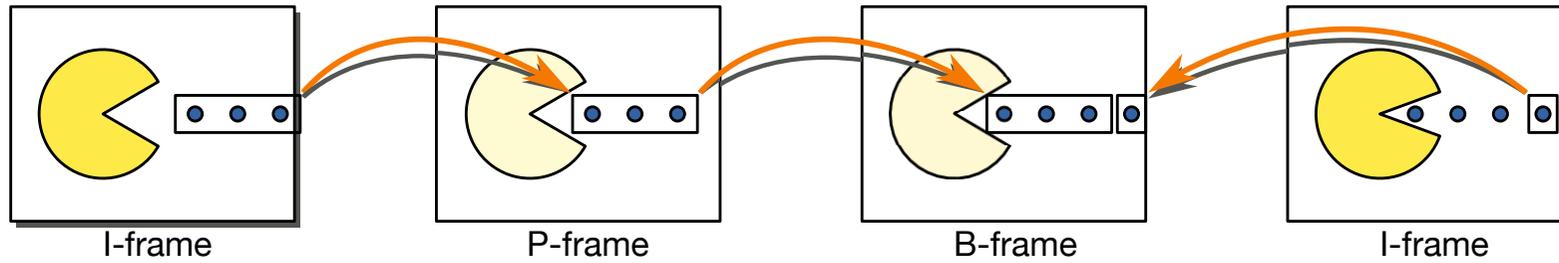
## **Les images B**

Elles sont codées par rapport aux images qui les précèdent et qui les suivent. Elles ne propagent pas les erreurs car elles ne sont pas utilisées dans les prédictions. Elles causent un retard (connaître l'image suivante) et oblige à mémoriser 3 images.

# FORMATAGE DES DONNÉES

Compression des images animées : MPEG-1 (1988-1992)

---



# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression des images animées : MPEG-2 (1990-1994)

---

MPEG-2 est un standard dédié originalement à la télévision numérique (HDTV) de qualité élevée à un débit allant jusqu'à 40 Mbps, et 5 canaux audio surround.

Le standard MPEG-2 définit 4 niveaux de qualité correspondant à une résolution et à une fréquence d'affichage donnée :

Niveau	Dimensions de l'image	Débit (à 30 images/s)	Equivalent
Low	352 × 240	4 Mbits/s	PAL-SECAM
Main	720 × 480	15 Mbits/s	4-2-2
High 1440	1440 × 1152	60 Mbits/s	TVHD
High	1920 × 1080	80 Mbits/s	TVHD

Le flux de données est organisé en un flux principal et des flux optionnels pour améliorer la qualité de l'image.

# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression des images animées : MPEG-4 (1993-1998)

---

MPEG-4 était prévu pour définir une norme à très faible débit (64 Kbit/s) pour la visiophonie et la téléphonie mobile. Il constitue un nouveau codage basé sur la notion d'objets AVO (Audio Visual Objects).

- ▷ **description objet de scènes audiovisuelles** : objets classés hiérarchiquement, pouvant être de plusieurs formes : image fixe, vidéo, audio, 3D synthétique, 2D synthétique, etc.
- ▷ **interactivité avec les objets** : déplacement du point de vue visuel et sonore, déplacement d'un objet dans la scène, déclenchement d'une cascade d'événements suite à un clic, choix d'une langue, etc.
- ▷ **adaptabilité** : tout type de document sur tout type de support.

# FORMATAGE DES DONNÉES

Compression des images animées : MPEG-4 (1993-1998)

---

MPEG-4 fournit 4 types d'instruments de codage :

- ▷ **Video object coding** :  
codage d'un objet de forme arbitraire, naturel ou synthétique
- ▷ **Mesh object coding** :  
codage d'un objet représenté par une grille de points
- ▷ **Model-based coding** :  
animation du visage et du corps humain
- ▷ **Still texture coding** :  
codage d'images fixes (background)

# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression du son

---

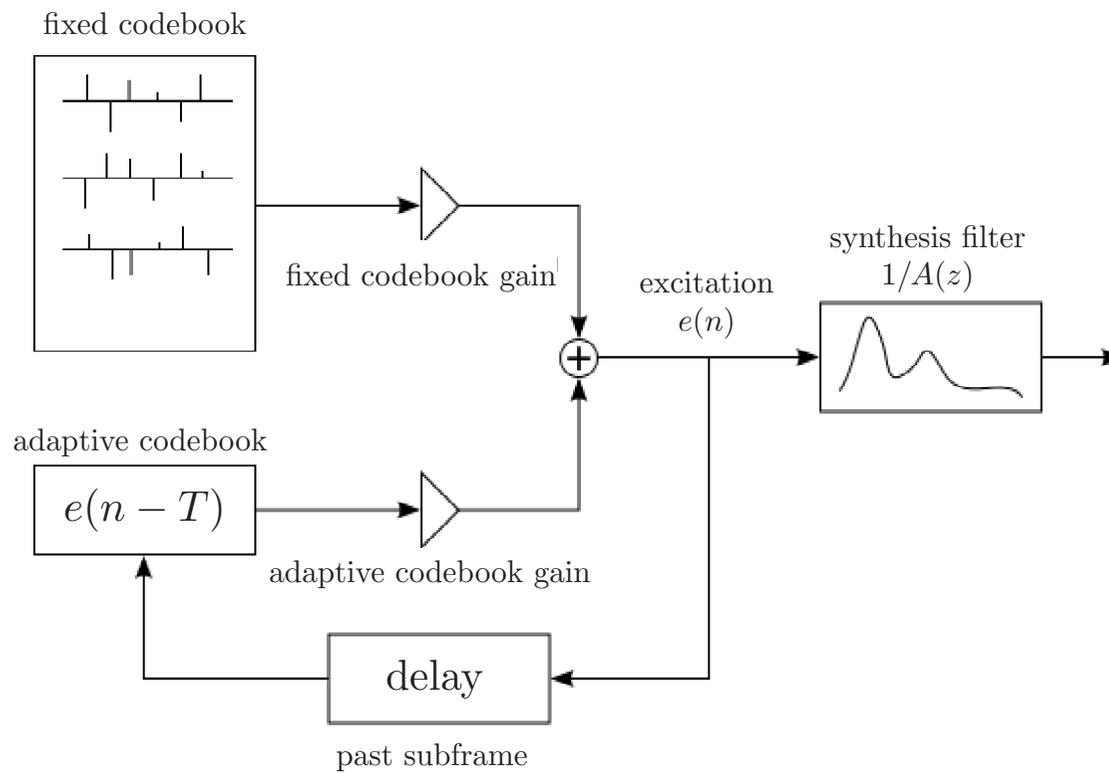
### **Codeur pour la téléphonie mobile :**

- ▷ Utilisent souvent des prédicteurs linéaires
- ▷ Codeur CELP (Code-excited linear prediction)
- ▷ Utilisé également dans la norme MPEG-4

# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression du son : CELP

---



# FORMATAGE DES DONNÉES

Compression du son : MP3

---

## Codeur pour la téléphonie mobile :

- ▷ Utilisation de transformées (DCT)
- ▷ Seuillage utilisant des critères psychoacoustiques
- ▷ Exploitation du phénomène de masquage

# FORMATAGE DES DONNÉES

## Compression du son : principe du masquage sonore

Une composante sonore peut en masquer une autre si celles-ci sont relativement proches en temps et en fréquence. Il s'agit du *phénomène de masquage sonore*.

