



CHAPITRE 2 NUMÉRISATION D'UN SIGNAL VIDÉO

a. Qu'est ce qu'une vidéo ?

Principe de l'animation vidéo

Une animation est constituée par une séquence d'images décomposant le mouvement

⇒ Il s'agit donc d'un **échantillonnage temporel** du mouvement



Principe de l'animation

Notre cerveau a l'impression d'un mouvement continu grâce à la **persistance rétinienne**.

Ce temps de persistance de l'image sur la rétine est d'environ $1/10^{\text{ème}}$ de seconde.



Mouvement d'un stylo devant une caméra réglée sur 10 images par seconde

Principe de l'animation

Ce phénomène est utilisé pour simuler le mouvement.

Caractérisation de la fluidité du mouvement :

- Nombre d'images par seconde (IPS)
- Number of frames per second (FPS)

Conséquences :

- Plus le nombre de FPS est élevé, plus l'animation semble fluide.
- Inversement, plus le nombre de FPS est faible, plus l'échantillonnage du temps insuffisant, ce qui conduit à un mouvement haché et peu réaliste

Principe de l'animation

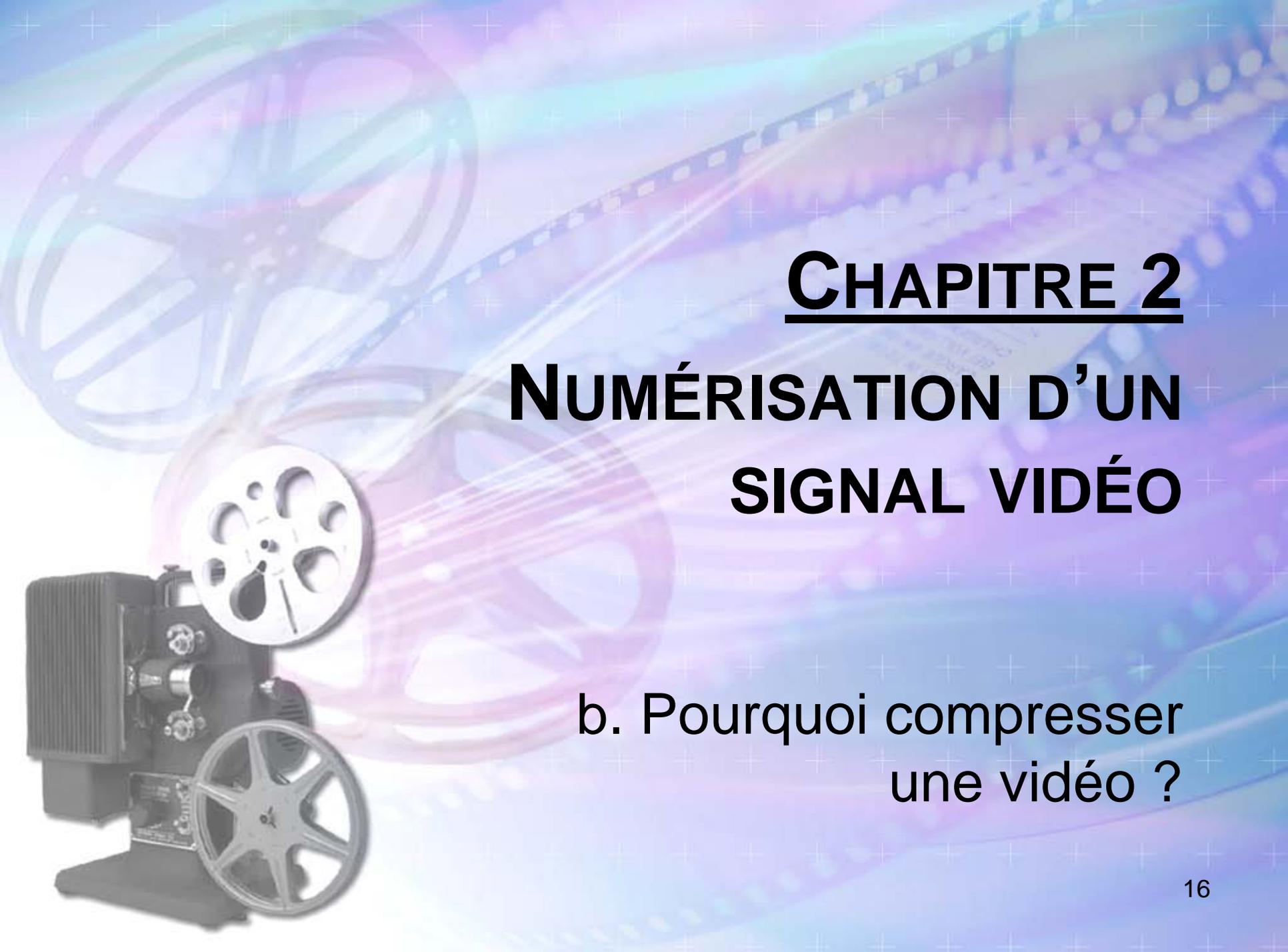
En général :

- Cinéma : 24 images / seconde
- Télévision :
 - Europe : 25 images / seconde (*entrelacement*)
 - Etats-Unis et Japon : 30 images / seconde
 - Utilisation du lunettes 3D : multiplication par 2 du nombre de FPS
- Militaire : > 60 images / seconde



En informatique :

- Une animation est obtenue en affichant des images (bitmaps ou vectorielles) les unes après les autres selon une vitesse prédéfinie (ex : 24 images par seconde ou 24 fps)
- Pour éviter les artefacts visuels, on synchronise l'affichage avec la fréquence de rafraichissement des écrans.



CHAPITRE 2 NUMÉRISATION D'UN SIGNAL VIDÉO

b. Pourquoi compresser
une vidéo ?

Introduction

- Pourquoi compresser ?
 - Les images fixes sont coûteuses en stockage.
 - Résolution d'image : L (largeur) \times H (hauteur)
 - Codage des pixels : P_{pixel} (ex : RVB = 3 octets / pixels)
 - $P_{\text{images}} = (L \times H) \times P_{\text{pixels}}$
 - Les vidéos le sont encore plus, car il s'agit d'une succession de N_{images} images fixes.
 - De plus, une vidéo est souvent accompagné de son, lui aussi coûteux, mais moins que la vidéo.
 - $P_{\text{film}} = P_{\text{vidéo}} + P_{\text{audio}}$

Poids d'une vidéo

- Un signal vidéo numérique est défini par :
 - Résolution d'image : L (largeur) × H (hauteur)
 - Codage des pixels : P_{pixel} (ex : RVB = 3 octets / pixels)
 - Fréquence d'affichage : FPS (nombre d'images / seconde)
 - Durée T

- Poids d'une vidéo :

$$P_{\text{vidéo}} = P_{\text{images}} \times N_{\text{images}} = ((L \times H) \times P_{\text{pixel}}) \times (T \times \text{FPS})$$

- Exemple :

Vidéo de 10 min à 24 fps, 640 x 480 pixels, 16 millions de couleurs (RVB) :

$$P_{\text{vidéo}} = ((640 \times 480) \times 3) \times ((10 \times 60) \times 24) = 12 \text{ Go}$$

(sans compter les données audio !)

Débit vidéo

- Pour exprimer la quantité d'informations transmise lors de la lecture d'une vidéo on parle de débits exprimés soit en octets ou en bits par seconde.

- Débit D d'une vidéo (sans son) :

$$D = \text{Poids} / \text{Durée} = ((L \times H) \times P_{\text{pixel}}) \times \text{FPS}$$

- Exemple :

Vidéo de 10 min à 24 fps, 640 x 480 pixels, 16 millions de couleurs :

$$D = ((640 \times 480) \times 3) \times 24 = 20.4 \text{ Mo/s}$$

- Contraintes matérielles :

Modem	: 5 ko/s
ADSL	: 64 – 256 ko/s
Lecteur CD 50X	: 7.3 Mo/s

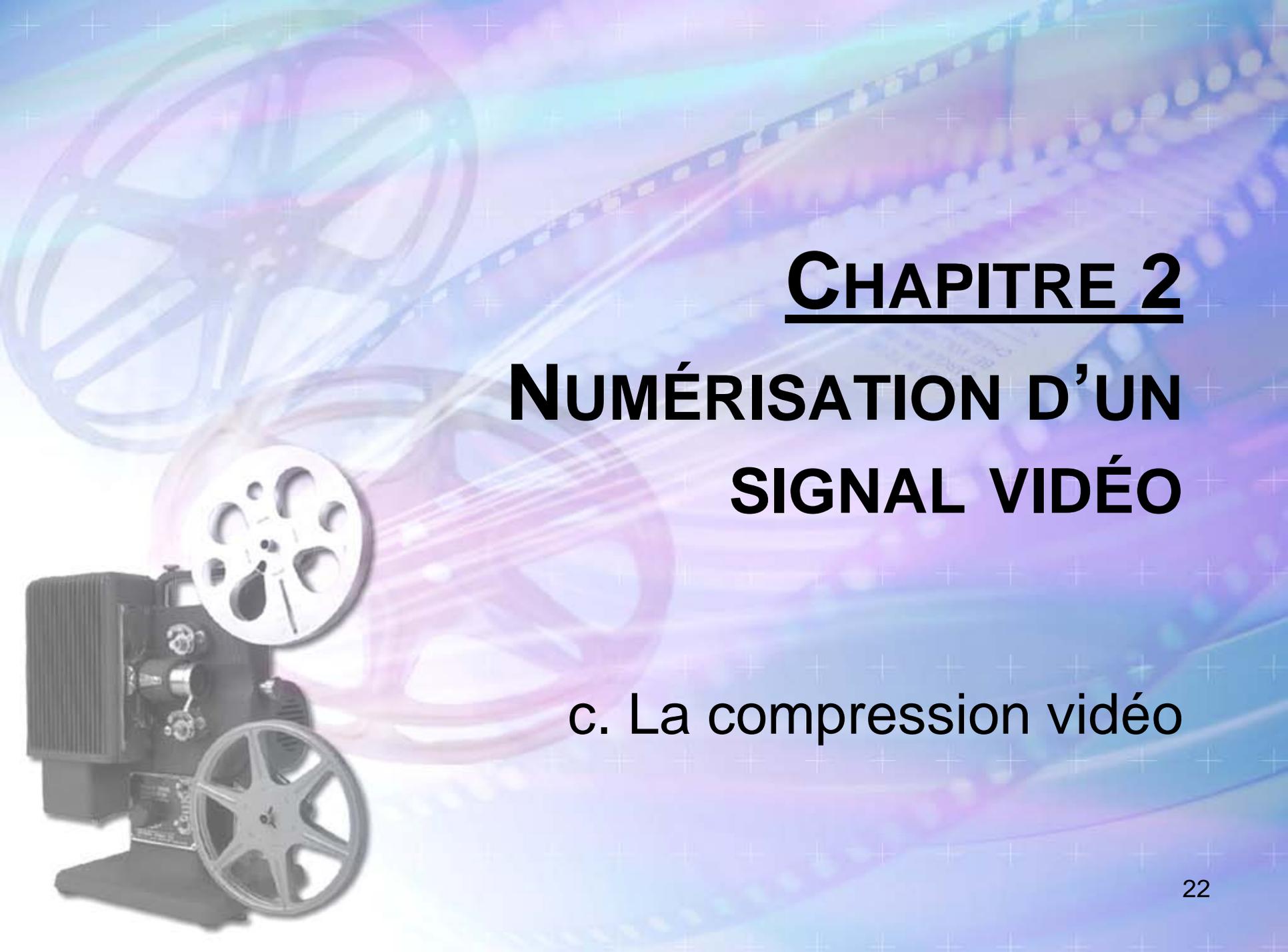
Support de stockage

- Bande magnétique
 - ex : LTO-5 Media → 3.0 To, $D_{\max} = 140 \text{ Mo/s}$
 - à venir : LTO-6 → 3.2 To, $D_{\max} = 270 \text{ Mo/s}$
- CD / DVD / HD-DVD / Blu-Ray
 - CD-ROM : 650 Mo à 900 Mo
 - DVD : 4.7 Go / couche / face
 - HD DVD : 15 Go / couche
 - Blu-ray : simple couche 23.3 à 27 Go, double couche 46.6 à 54 Go
- Disque dur :
 - Standard (2010) : 120 Go à 2 To → $D = 0.5 \text{ Gbits/s}$, voire +
 - Capacité pouvant atteindre 3 To → $D = 1.6 \text{ Gbits/s}$
- Clé USB :
 - Standard : 1 à 32 Go → D_{\max} plusieurs dizaines Mo/s
 - Capacité max : 256 Go



Intérêt de la compression vidéo

- La vidéo réclame des tailles et des débits de lecture très importants.
- Il est indispensable de compresser les données sur le support de stockage et de les décompresser lors de la lecture.
 - Pour réduire les besoins en stockage
 - Pour diffusion sur le net (« flux » ou « *streaming* »)
 - Pour une lecture fluide (Disque dur, CDROM)



CHAPITRE 2 NUMÉRISATION D'UN SIGNAL VIDÉO

c. La compression vidéo

Introduction

- Pour réduire la taille des vidéos, il est indispensable de compresser les données sur le support de stockage et de les décompresser lors de la lecture.
- La décompression doit être suffisamment rapide pour ne pas ralentir le flux (ici, il faut pouvoir décompresser au moins 24 images par seconde, ainsi que le son).

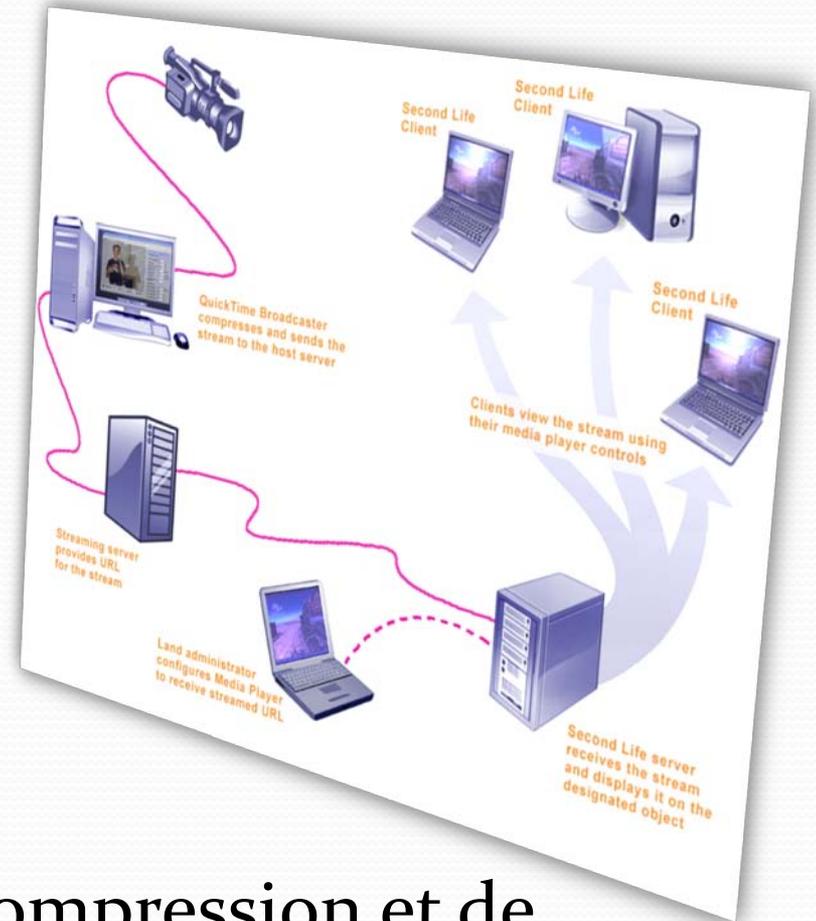
Introduction

- Pour des vidéos stockés sur un support physique :
 - La durée de compression est moins importante, car on peut très bien réaliser la compression du film original en plusieurs heures si nécessaire.
 - Seule la décompression doit être rapide pour une lecture fluide
- Lorsque les durées de compression et de décompression sont très différentes, on parle de codecs **asymétriques**.



Introduction

- Pour la diffusion en temps-réel (ex : TNT) :
 - Les durées de compression et décompression doivent être le plus faible possible.



- Dans ce cas, les durées de compression et de décompression sont souvent équivalentes, on parle de codecs **symétriques**.

Qu'est-ce qu'un codec ?

- Un codec (**CO**mpression/**DE**Compression) est un programme permettant de :
 - **Compresser** des données audio ou vidéo pour créer un fichier.
 - **Décompresser** des données audio ou vidéo contenues dans un fichier pour les lire.
- On distingue 2 grandes familles de codec :
 - **Sans perte** (lossless) : non destructrices
 - **Avec pertes** (lossy) : destructives

Compression sans perte

- Les images d'une vidéo sont compressées à l'aide d'algorithmes sans perte (ex : LZW, RLE, ...), mais à la restitution on retrouve exactement l'original sans aucune altération.
 - Avantage : Qualité d'image parfaite.
 - Inconvénient : Compression peu efficace.
- Formats de compression d'images sans perte :
 - GIF
 - MNG

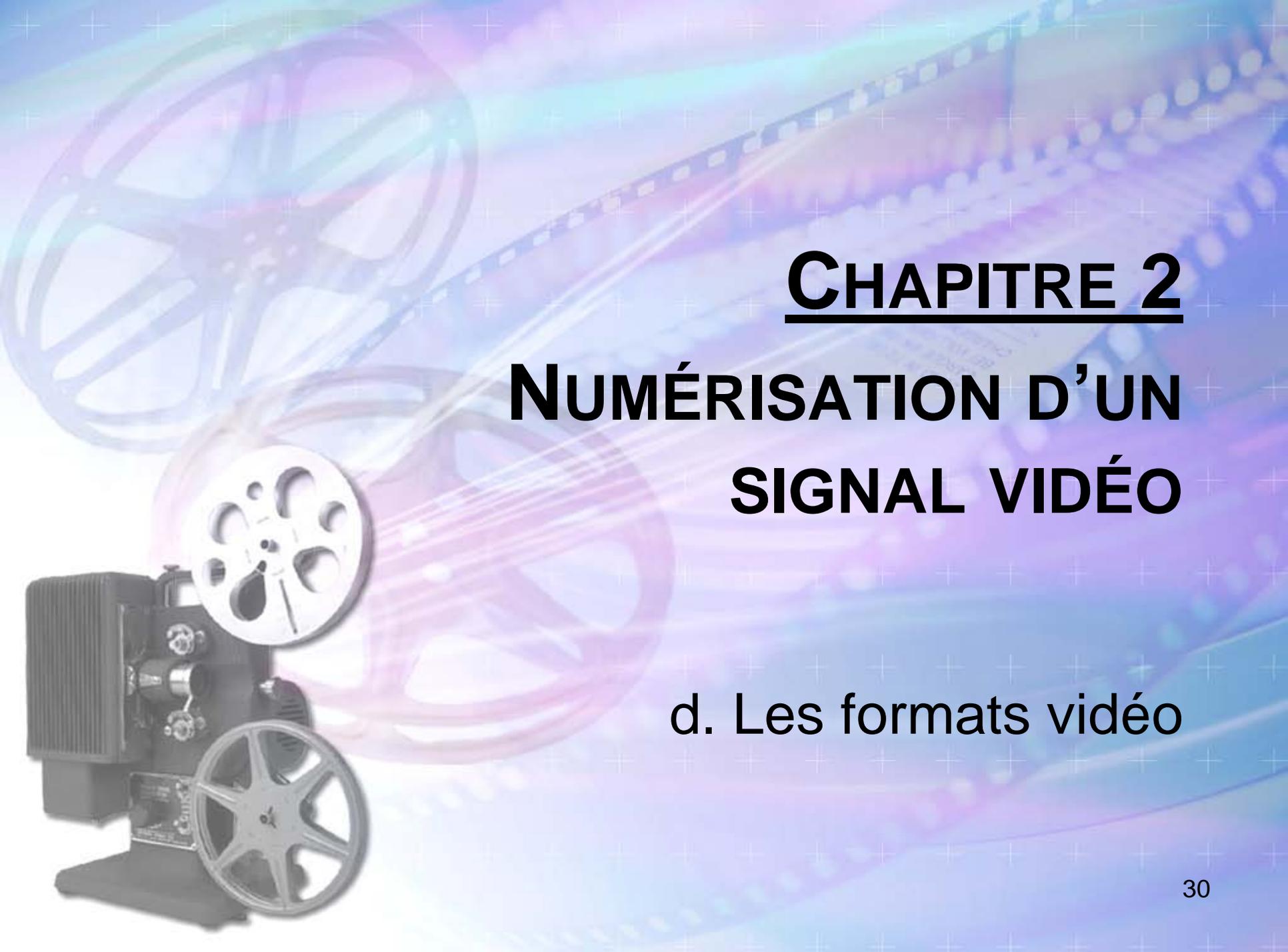
Compression avec pertes

La vidéo non compressée ou compressée sans perte est trop volumineuse.

⇒ Algorithmes de codage avec pertes tirant parti des caractéristiques psychosensorielles de l'œil humain pour se débarrasser des informations qui ne sont pas perçues ou qui sont redondantes.

Compression avec pertes

- Il existe de nombreuses méthodes de compression avec perte :
 - Cinepak
 - Indeo
 - Real Video
 - Mpeg
 - DV
 - DivX
 - ...
- Ces différentes méthodes se distinguent par :
 - leur taux de compression
 - la qualité d'image résultante
 - la vitesse compression / décompression



CHAPITRE 2 NUMÉRISATION D'UN SIGNAL VIDÉO

d. Les formats vidéo

Introduction

On distingue trois grandes familles de formats de fichiers d'animations :

- Les formats conteneurs
- Les formats spécifiques
- Les flux

Formats de fichiers

On distingue trois grandes familles de formats de fichiers d'animations :

- Les formats conteneurs
- Les formats spécifiques
- Les flux

Les formats conteneurs

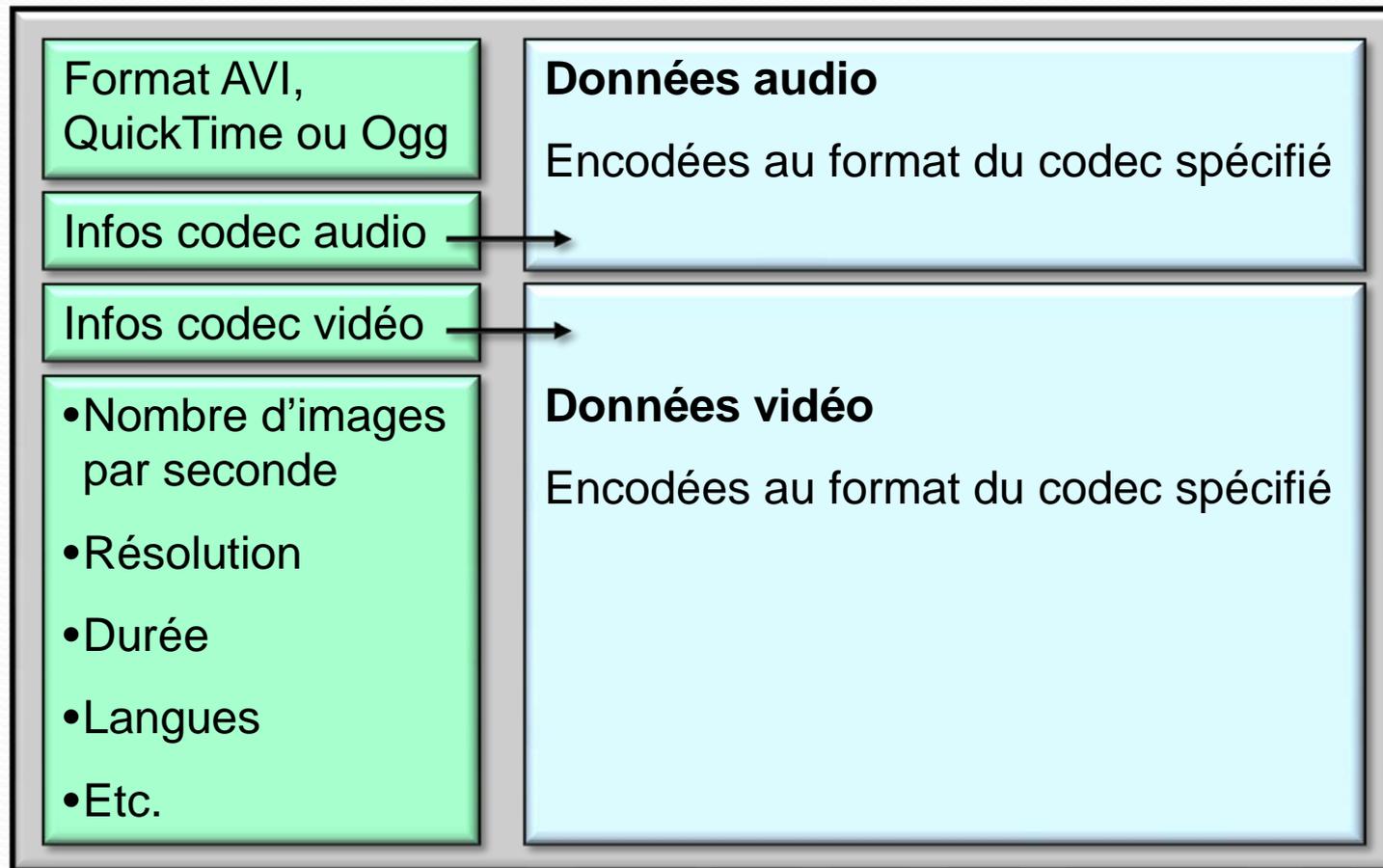
- Ce sont des formats dit « valises » :
 - permet l'archivage des données et les informations relatives à celles-ci
 - formats transparents, flexibles et évolutifs
 - possibilité de stocker des données de importe quel format, même des formats inexistantes lors de l'invention du format conteneur



Les formats conteneurs

- Les informations fournies indiquent comment décoder les données en donnant les noms des codecs nécessaires pour lire les données vidéo et les données audio.
- Ces informations se trouvent en entête du fichier : on y trouve d'autres informations telles que la résolution, la fréquence de défilement des images, des copyrights, etc.

Les formats conteneurs



Structure type d'un fichier conteneur

Les formats conteneurs

Exemples de formats : AVI

- 1^{er} format conteneur : AVI : Audio Video Interleave
 - *Extension du fichier : .avi*
 - Format d'archivage de données audio/vidéo élaboré par Microsoft et Intel.
 - Les données audio et les données vidéos peuvent être compressées avec des dizaines de codec différents. Liste de formats possibles, en commençant par les plus répandus :
 - **vidéo** : MPEG, DivX, XviD, Indeo, Cinepak, DV
 - **audio** : mp3, WAV, mp2
 - Le format AVI permet de réunir en un seul fichier une piste vidéo et jusqu'à 99 pistes audio, ce qui permet de bénéficier, par exemple, de plusieurs langues pour un même film.

Les formats conteneurs

Exemples de formats : AVI

- 1^{er} format conteneur : AVI : Audio Video Interleave
 - Il est cependant possible de créer des fichiers AVI n'utilisant pas de codec spécifique, le fichier contiendra simplement des données *non-compressées*, on appelle cela le format "RAW" (données brutes).
 - Garantit un stockage de données sans perte de qualité.
 - Attention, ce procédé crée des fichiers très volumineux.

Les formats conteneurs

Exemples de formats : OGG

- 2nd format conteneur : OGG
 - *Extensions possibles du fichier : .ogg, .ogm*
 - C'est un format conteneur récent et **libre** créé par la fondation Xiph.org.
 - Il est beaucoup plus moderne que AVI ou QuickTime et offre plus de perspectives.
 - Il est aussi bien destiné à être stocké sous forme de fichier que diffusé sous forme de flux.
 - Le format Ogg est lisible sur la majorité des plates-formes.

Les formats conteneurs

Exemples de formats : OGG

- 2nd format conteneur : OGG
- Ogg est utilisé avec des codecs élaborés pour ce format :
 - pour la vidéo :
 - Theora : concurrent des codecs tels que MPEG-4 (exemple : le XviD et le DivX), Windows Media Video ou RealVideo
 - pour la musique :
 - Vorbis : ouvert et libre, plus performant en termes de qualité et taux de compression, mais moins populaire que le format MP3
 - FLAC - *Free Lossless Audio Codec* : libre, compression audio sans perte.
 - pour les voix :
 - Speex : libre et sans brevets, compresse comme MP3 et Ogg Vorbis, mais est spécialisé et optimisé pour la voix humaine.

Les formats conteneurs

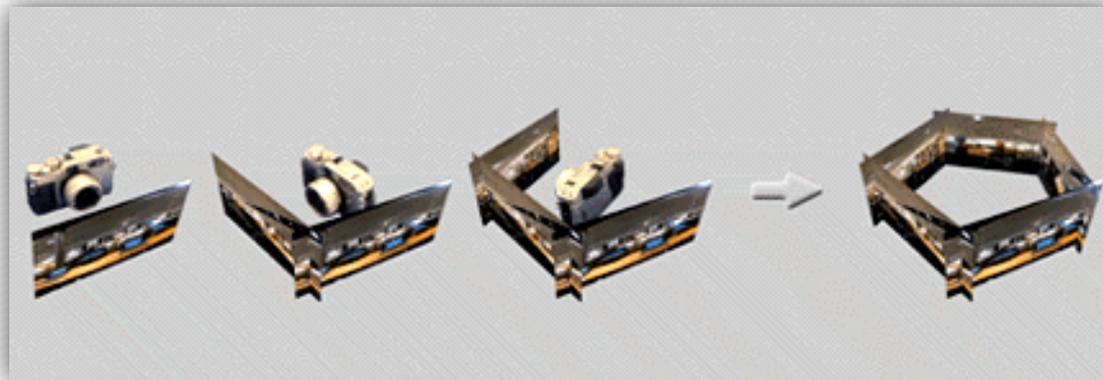
Exemples de formats : QuickTime

- 3^{ème} format conteneur : QuickTime
 - *Extensions possibles du fichier : .mov, .qt, .qtx, .qtr, .qtz*
 - Format conteneur analogue et plus vieux au format AVI mais développé par la firme Apple.
 - Ce format est lisible sur la majorité des plates-formes (PC, Mac, Unix, ...).
 - Cette norme peut embarquer autre chose que des données audio/vidéo, par exemple :
 - des effets ou du texte (sous-titres...)
 - un format de réalité virtuelle créé par Apple (QuickTime VR).

Les formats conteneurs

Exemples de formats : QuickTime

- 3^{ème} format conteneur : QuickTime
- *Un fichier QuickTime contient une ou plusieurs pistes contenant chacune une piste média :*
 - *soit le stream codé numériquement (avec un codec tel Cinepak, Sorenson, MP3, JPEG, DivX...)*
 - *soit une référence à un media situé dans un autre fichier ou sur un réseau.*



assemblage de plusieurs photos prises selon des angles de vue différents.

Formats de fichiers

On distingue trois grandes familles de formats de fichiers d'animations :

- Les formats conteneurs
- Les formats spécifiques
- Les flux

Les formats spécifiques

- Les formats spécifiques sont consacrés à une fonctionnalité précise.
- Contrairement aux formats conteneurs, ils ne sont pas ou peu évolutifs car leur champ d'action est figé lors de la création du format.
- Ces formats sont en général composés de 2 parties :
 - Une partie (entête) contenant des informations sur l'animation.
 - Une partie contenant les données codées selon une norme de compression dédiée au format.

Les formats spécifiques

- Le principe utilisé pour coder les données est unique :
 - Un fichier de ce type sera forcément codé selon la norme de compression du format en question.
- Mais le style de compression spécifique à un format est souvent disponible sous forme de **codec** :
 - Il est ainsi possible de coder un média selon la norme d'un format spécifique
 - Et il est possible de l'encapsuler dans un format conteneur.
 - On gagne l'universalité apportée par le format conteneur mais on perd les optimisations apportées par le format spécifique.

Les formats spécifiques

- Exemple d'encapsulation d'un format spécifique dans un format conteneur : MPEG₁ vers AVI
 - Un fichier MPEG-1 (ex : *test.mpg*) contient une vidéo au format spécifique MPEG-1 dont l'avantage est d'être diffusable sous forme de flux.
 - Encapsulé dans un fichier AVI (ex : *test.avi*), format conteneur, indiquant simplement en entête que le codec à utiliser est le MPEG-1, on peut du coup coder le son (ex : format MP₃) dans un format sonore non-supporté par le format MPEG-1. Le format conteneur indiquera quel codec sonore est alors utilisé.

Les formats spécifiques

Format spécifique (codec)

- **Si vidéo :**

Nombre d'images / seconde,
Résolution, Durée, Etc.

- **Si audio:**

Fréq. d'échantillonnage,
Nb bits / échantillon, Durée,
Etc.

**Données spécifiques (soit audio,
soit vidéo, ...)**

Encodées selon un format spécifique
au format.

Structure type d'un format spécifique

Les formats spécifiques

- Deux types de formats spécifiques vidéo :
 - **Formats spécifiques d'animation vectorielle :**
 - Flash
 - SVG
 - ...
 - **Formats spécifiques d'animation bitmap :**
 - Gif
 - Mng
 - DV
 - M-JPEG
 - Mpeg
 - ...

Les formats spécifiques

- Deux types de formats spécifiques vidéo :
 - **Formats spécifiques d'animation vectorielle :**
 - Flash
 - SVG
 - ...
 - Formats spécifiques d'animation bitmap :
 - Gif
 - Mng
 - DV
 - M-JPEG
 - Mpeg
 - ...

Les formats spécifiques

Animation vectorielle : Flash

- *Extensions possibles du fichier : **.swf** (forme binaire), **.fla** (forme de source), **.exe** (exécutable)*
- Format d'animation vectorielle interactive développé par *Macromedia*.
- Format multi-plates-formes.
- Format léger :
 - téléchargement rapide, pouvant même se faire sous forme de flux (« *streaming* ») : possible de lire le contenu du document durant son téléchargement.

Les formats spécifiques

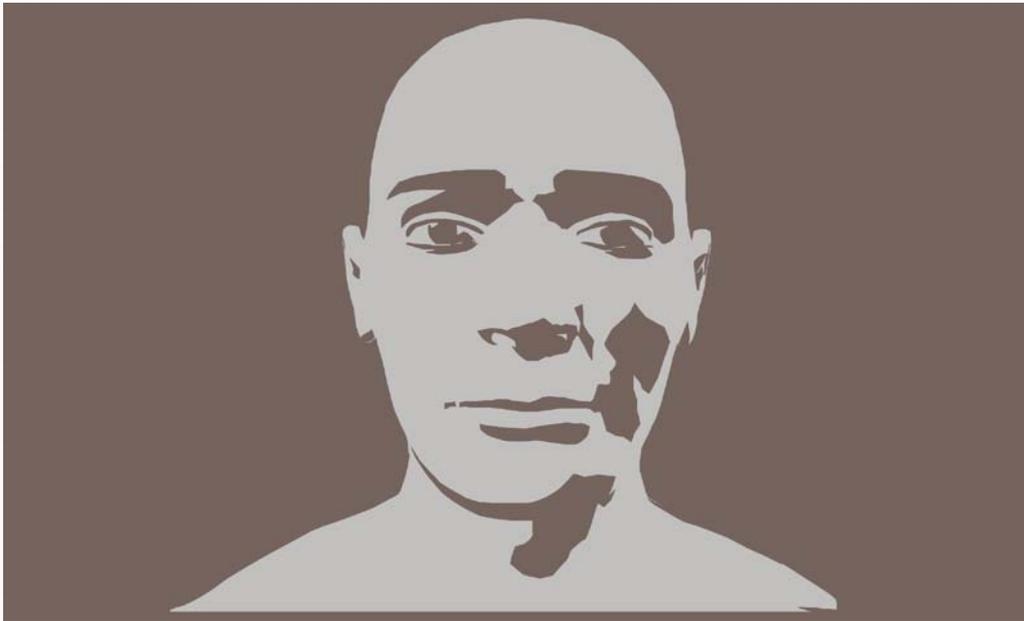
Animation vectorielle : Flash

- Principe du flash :
 - Même principe que pour les images vectorielles fixes : les formes sont décrites par des objets géométriques (cercles, rectangles, polygones, ...)
 - Animation facile : il suffit de modifier les coordonnées de ces formes.
 - Possibilité d'intégrer du son et de définir des événements interactifs (ex : jeux).
 - Mise à l'échelle sans perte de qualité.

Les formats spécifiques

Animation vectorielle : Flash

- Lecture : player indépendant ou intégration dans une page web au moyen d'un plugin.



*Intégration d'un fichier « Shockwave Flash Object »
nommé visage.swf*

Les formats spécifiques

- Deux types de formats spécifiques vidéo :
 - **Formats spécifiques d'animation vectorielle :**
 - Flash
 - SVG
 - ...
 - Formats spécifiques d'animation bitmap :
 - Gif
 - Mng
 - DV
 - M-JPEG
 - Mpeg
 - ...

Les formats spécifiques

Animation vectorielle : SVG (Scalable Vector Graphics)

- *Extension du fichier : .svg*
- Format d'image vectoriel crée élaboré par le consortium W3C.
- Format totalement libre basé sur le XML.
- Très évolutif, supporte des fonctions d'animation, audio/vidéo, de flux, etc.
- Format multi-plates-formes.
- Très léger, peut être incorporé dans n'importe quelle page web, et même être lu en natif (sans plugin) par les navigateurs récents.

Les formats spécifiques

Animation vectorielle : SVG (Scalable Vector Graphics)

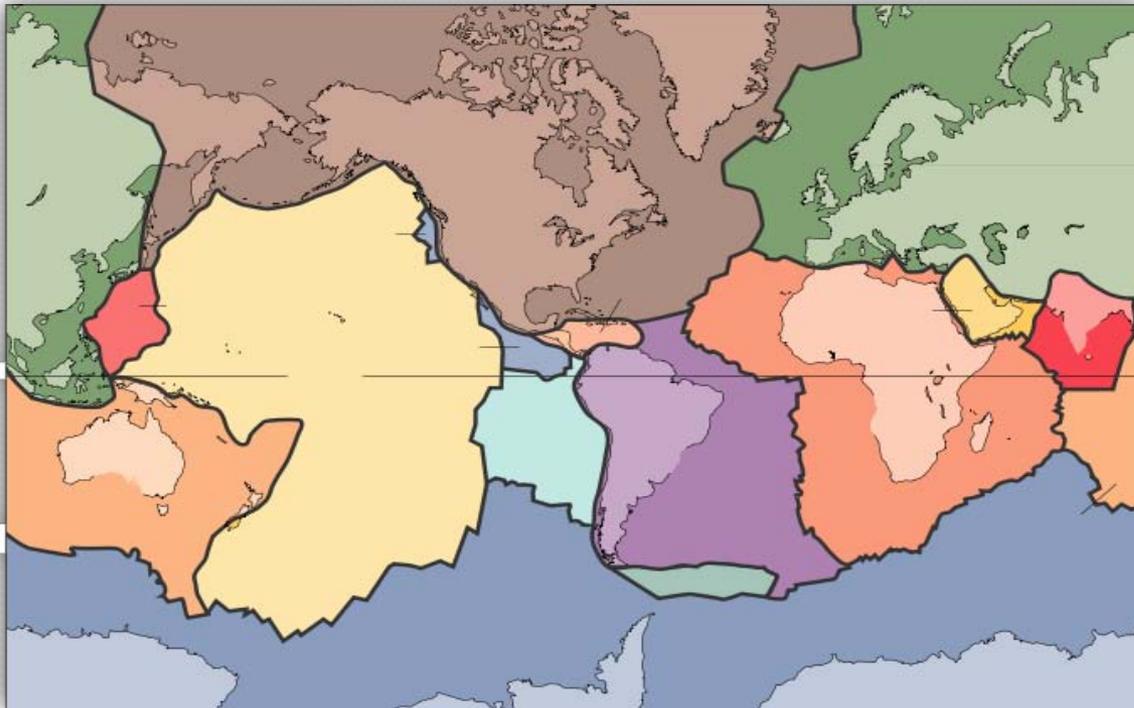
- Exemple de code SVG :

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE svg SYSTEM "svg10.dtd">
<svg width="500" height="500" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
  <defs>
    <symbol id="cube" stroke="black" stroke-line-join="bevel" stroke-width="2">
      <rect width="100" height="100" fill="#ccc" x="1" y="42" />
      <polygon points="1,42 42,1 142,1 101,42 1,42" stroke-width="2" fill="#999" />
      <polygon points="101,42 142,1 142,101 101,142 101,42" fill="#666" />
    </symbol>
  </defs>
  <use xlink:href="#cube" x="150" y="150" />
</svg>
```

Les formats spécifiques

Animation vectorielle : SVG (Scalable Vector Graphics)

- Le SVG est très utilisé dans le monde de la cartographie et du téléphone portable.



SVG non animé, montrant les différentes plaques tectoniques de la Terre

Les formats spécifiques

- Deux types de formats spécifiques vidéo :
 - Formats spécifiques d'animation vectorielle :
 - Flash
 - SVG
 - ...
 - Formats spécifiques d'animation bitmap :
 - Gif
 - Mng
 - DV
 - M-JPEG
 - Mpeg
 - ...

Les formats spécifiques

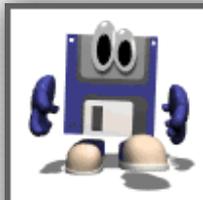
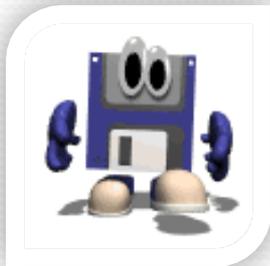
Animation bitmap : GIF (Graphics Interchange Format)

- *Extension du fichier : .gif*
- Format d'image créé spécialement pour le web par CompuServe.
- Limité à 256 couleurs :
 - Non gênante pour les logos, les graphiques et la plupart des images synthétiques
 - GIF permet de spécifier qu'une entrée de la palette est transparente.
- Mode entrelacé : permettant de commencer par transmettre quelques lignes d'une image, puis les lignes placées entre elles. Ce mode permet de donner plus rapidement un aperçu de l'image lorsque la transmission est lente.

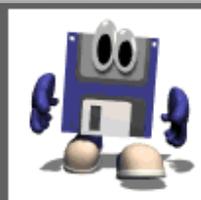
Les formats spécifiques

Animation bitmap : GIF (Graphics Interchange Format)

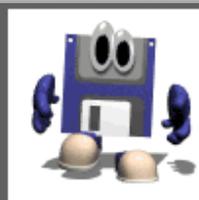
- Compression sans perte :
 - Soumis à une licence d'utilisation à cause de brevets dus à la compression LZW
- Le GIF animé :
 - En 1989, extension du format GIF pour stocker plusieurs images dans un fichier.
 - Création d'animations :
 - Chaque image d'une animation peut avoir sa propre palette.
 - Création et édition très facile, puisque chaque image est traitée indépendamment des autres



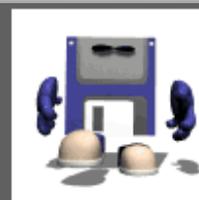
F:1 D:10



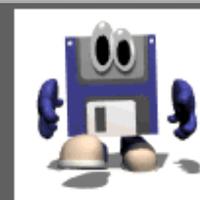
F:2 D:10



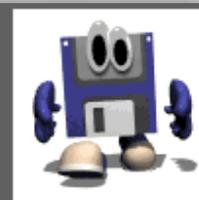
F:3 D:10



F:4 D:10



F:5 D:10



F:6 D:10

Les formats spécifiques

- Deux types de formats spécifiques vidéo :
 - Formats spécifiques d'animation vectorielle :
 - Flash
 - SVG
 - ...
 - Formats spécifiques d'animation bitmap :
 - Gif
 - Mng
 - DV
 - M-JPEG
 - Mpeg
 - ...

Les formats spécifiques

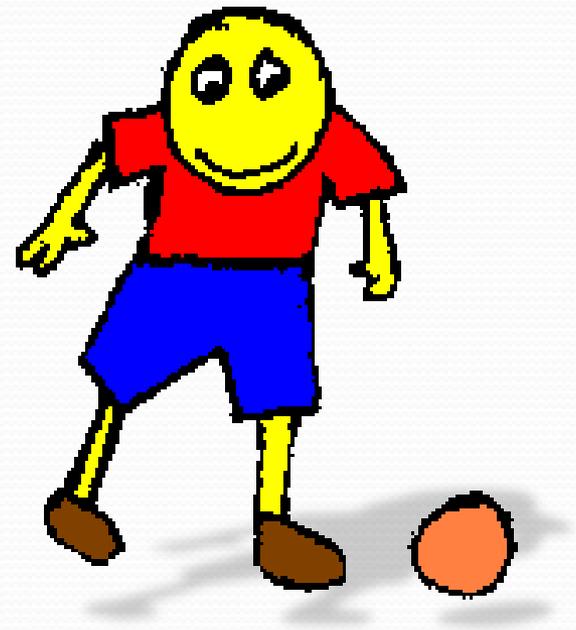
Animation bitmap : MNG (Multiple-image Network Graphics)

- *Extension du fichier : .mng*
- Extension du format PNG, pour les images fixes, au format MNG, permettant des animations.
- Format multi-plates-formes.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MNG (Multiple-image Network Graphics)

- Format d'image qui vise à remplacer le vieillissant et propriétaire format GIF.
 - Possibilité d'avoir des millions de couleurs et non 256.
 - Compression avec ou sans pertes plus performant que le GIF : meilleurs taux de compression et qualité.
 - Gère aussi la transparence, mais sur 256 niveaux de nuances et non 1 : transparence en dégradé.



GIF : 44103 octets

MNG : 34289 octets

Les formats spécifiques

- Deux types de formats spécifiques vidéo :
 - Formats spécifiques d'animation vectorielle :
 - Flash
 - SVG
 - ...
 - Formats spécifiques d'animation bitmap :
 - Gif
 - Mng
 - DV
 - M-JPEG
 - Mpeg
 - ...

Les formats spécifiques

Animation bitmap : DV (Digital Video)

- *Extension du fichier : .dv*
- Standard mis au point par un consortium de constructeurs pour définir la nouvelle génération de caméscopes et magnétoscopes numériques grand public.
- Qualité très supérieure à la bonne vieille VHS.
- Les données sont communément stockées sur des cassettes magnétiques (« Cassettes DV ») :
 - Pour échanger un flux DV entre un ordinateur et un caméscope (par exemple), il faut avoir une carte *IEEE 1394* (ou « *i-link* » ou « *Firewire* ») installée sur la machine.



Les formats spécifiques

Animation bitmap : DV (Digital Video)



- Intérêt du DV :
 - La compression DV est basée sur les normes du MJPEG, ce qui permet d'enregistrer les images bien distinctement les unes des autres (intra-trame).
 - Contrairement au MPEG chaque image est compressée indépendamment des autres.
 - C'est primordial pour le montage de travailler à l'image près, mais il est tout de même un peu lourd pour stocker des films.
 - le format DV est excellent pour un particulier, et présente toutes les qualités requises pour un usage professionnel.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : DV (Digital Video)

- Le format DV existe pour la norme PAL (Europe) et NTSC (USA et Japon). Suivant ces normes on a :

	DV PAL	DV NTSC
Dimensions	720x576	720x480
Fréquence	25 fps	30 fps
Couleurs	YUV 4:2:0	YUV 4:1:1
Bits par pixel	12	
Compression	5:1	

Les formats spécifiques

Animation bitmap : DV (Digital Video) - Exemple

PAL avant compression : vidéo en 720 x 576, RVB, de 1h.

Poids = $720 \times 576 \times 24 \text{ bits/pixel} \times 25 \text{ fps} \times 3600 \text{ s} = 104 \text{ Go}$

Débit = $\dots \text{ Mo} / 3600 \text{ s} = / = 29,6 \text{ Mo/s}$

Le codage DV PAL des couleurs en YUV 4:2:0 permet de réduire à 12 bits par pixels le codage couleur au lieu des 24 bits normalement nécessaire. → rapport 2:1

Le DV utilise une compression DCT (Discrete Cosinus Transform). → rapport 5:1

PAL après compression → rapport 10:1 :

Poids = $104 \text{ Go} / 10 = 10.4 \text{ Go}$

Débit = $29.6 \text{ Mo/s} / 10 \approx 3 \text{ Mo/s}$

Les formats spécifiques

- Deux types de formats spécifiques vidéo :
 - Formats spécifiques d'animation vectorielle :
 - Flash
 - SVG
 - ...
 - Formats spécifiques d'animation bitmap :
 - Gif
 - Mng
 - DV
 - M-JPEG
 - Mpeg
 - ...

Les formats spécifiques

Animation bitmap : M-JPEG (Motion-JPEG)

- *Extension du fichier : .mjpg*
- Codec vidéo compressant les images une à une en JPEG
- M-JPEG code séparément chaque image de la séquence
 - il permet d'accéder aléatoirement à n'importe quelle partie d'une vidéo.



JPEG



JPEG



JPEG



JPEG



JPEG

Les formats spécifiques

Animation bitmap : M-JPEG (Motion-JPEG)

- Taux de compression M-JPEG se situe généralement entre :
 - celui de formats non compressés
 - ex : RVB, de compression 1:1, et YUV, de compression 3:2 à 5:2
 - et celui des formats basés sur le format MPEG
 - de l'ordre de 100:1
- Débit binaire souvent très faible :
 - Très faible devant les performances du MPEG
 - 8 à 10 Mbit/s :
 - utilisable dans les studios de montage numérique
 - Environ 29 Mbit/s :
 - courants pour des vidéos de très bonne qualité
 - mais poids de fichier très importants
- Evolution du MJPEG en M-JPEG2000, puisque le JPEG évolue vers le JPEG2000.



Les formats spécifiques

- Deux types de formats spécifiques vidéo :
 - Formats spécifiques d'animation vectorielle :
 - Flash
 - SVG
 - ...
 - Formats spécifiques d'animation bitmap :
 - Gif
 - Mng
 - DV
 - M-JPEG
 - Mpeg
 - ...

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG (Moving Pictures Experts Group)



- Les fichiers vidéo au format MPEG sont reconnaissables à leurs extensions :
 - ".*mpg*" ".*mpeg*" et ".*mpv*" pour des fichier contenant de la vidéo au format MPEG 1 ou 2 ;
 - ".*dat*" pour des données MPEG 1 contenues dans un VCD ;
 - ".*vob*" pour des données MPEG 2 contenues dans un DVD.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG (Moving Pictures Experts Group)

- Dans la plupart des séquences vidéos, la majorité des scènes sont fixes ou bien changent très peu, c'est ce qui s'appelle la **redondance temporelle**.
- Exemple :
 - Lorsque deux images successives varient peu, ou localement, il suffit de ne décrire seulement le changement d'une image à l'autre.
 - C'est la différence majeure entre le MPEG et le M-JPEG.
 - Cependant cette méthode aura beaucoup moins d'impact sur une scène d'action.



Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG (Moving Pictures Experts Group)

- MPEG est un groupe de l'*International Standards Organization*, qui développe les standards internationaux de compression, décompression, traitement et codage d'image animées et de données audio :
 - MPEG 1
 - MPEG 2
 - MPEG 3
 - MPEG 4
 - MPEG 7
 - MPEG 21

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG (Moving Pictures Experts Group)

- Liste des formats MPEG :
 - MPEG 1
 - MPEG 2
 - MPEG 3
 - MPEG 4
 - MPEG 7
 - MPEG 21

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG-1

- Format MPEG-1 :
 - développé en 1988
 - standard de compression des données vidéos et des canaux audio associés (jusqu'à 2 canaux : stéréo)
 - Peut être diffusé sous forme de flux.
- Caractéristiques :
 - Faible résolution
 - 352 x 240 x 30 fps aux USA
 - 325 x 288 x 25 fps en Europe
 - Son de qualité CD.
 - Son débit inférieur à 1.15 Mbits/s.
 - Qualité très moyenne, proche du format VHS
 - ce format est en voie de disparition
- Format utilisé dans les Vidéo-CD (VCD), média supplanté par le DVD.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG-1

- Dans la pratique :
 - Le MPEG-1, comme ses descendants MPEG-2 ou MPEG-4 comporte plusieurs parties dont :
 - la partie vidéo (partie 2)
 - la partie audio (partie 3)
 - Cette partie audio se décompose en 3 couches (layers) de complexité et d'efficacité de compression croissantes.
 - La couche MPEG-1 Audio Layer 3, la plus efficace donc, a donné naissance au format de compression audio MP3 (à ne pas confondre avec MPEG-3).

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG (Moving Pictures Experts Group)

- Liste des formats MPEG :
 - MPEG 1
 - MPEG 2
 - MPEG 3
 - MPEG 4
 - MPEG 7
 - MPEG 21

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG-2

- Format MPEG-2 :
 - développé en 1994
 - définit pour la vidéo numérique de qualité TV (720 x 576).
 - Qualité proche des standards vidéo professionnels (très supérieur au VHS)
 - Format utilisé pour :
 - Télévision numérique HD-TV satellite, câble, TNT, ...)
 - SVCD (Super VCD)
 - DVD (Digital Video Disk)



Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG-2

- Format MPEG-2 :
 - Qualité élevée à un débit allant jusqu'à 40 Mbps (soit 5 Mo/s). Le nombre de canaux audio surround pouvant aller jusqu'à 5.
 - Il permet également une identification et une protection contre le piratage.
 - MPEG-2 permet la compression d'images entrelacées (TV) là où MPEG-1 ne traite que les images en mode progressif (Informatique), et ceci bien évidemment pour servir à la télévision numérique.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG (Moving Pictures Experts Group)

- Liste des formats MPEG :
 - MPEG 1
 - MPEG 2
 - MPEG 3
 - MPEG 4
 - MPEG 7
 - MPEG 21

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG-3

- Format MPEG-3 :
 - destiné à la télévision haute définition HD TV, avec des débits de 20 à 40 Mbits/s (soit 2.5 à 5 Mo/s)
 - Il a vite été observé que des résultats semblables pouvaient être obtenus par de légères modifications de MPEG-2.
 - Perdant de son intérêt, MPEG-3 a été abandonné.
 - Attention :
 - ne pas confondre le format MPEG-3 avec le format audio MP3 (contraction de MPEG Audio Layer-3).

Les formats spécifiques

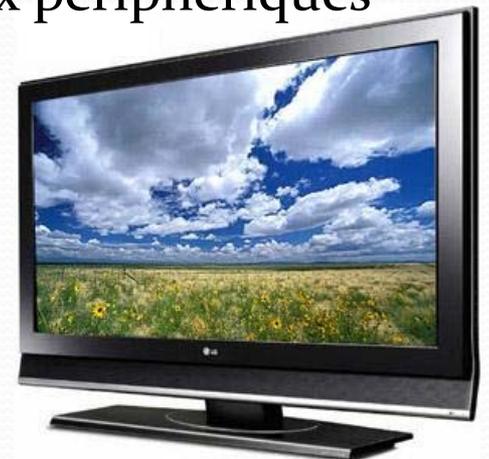
Animation bitmap : MPEG (Moving Pictures Experts Group)

- Liste des formats MPEG :
 - MPEG 1
 - MPEG 2
 - MPEG 3
 - MPEG 4
 - MPEG 7
 - MPEG 21

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG-4

- Format MPEG-4:
 - développé et finalisé dans sa version 2 en 1999
 - standard destiné à permettre le codage de données multimédia sous formes d'objets numériques
 - obtenir une plus grande interactivité
 - usage particulièrement adapté au Web et aux périphériques mobiles
 - téléchargement et streaming sur Internet
 - multimédia sur mobile
 - radio numérique
 - jeux vidéo
 - **Télévision** haute définition HD-TV.



- Successeur du MPEG-2 pour la TNT et la TV sur ADSL

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG-4

- Format MPEG-4:
 - Autorise des taux de compression très élevés pour une qualité remarquable.
 - On considère à l'heure actuelle que c'est le must de la compression vidéo d'un point de vue qualité / compression.
 - Il n'est pourtant pas très adapté à un usage professionnel car la qualité de l'image n'est pas aussi bonne que celle du MPEG 2, DV, MJPEG, RAW, etc.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG-4

- Format MPEG-4:
 - Il existe **des formats spécifiques** utilisant le MPEG 4 comme l'ASF ou le WMV (tous deux de Microsoft).
 - Mais la plupart du temps le MPEG 4 est encapsulé dans un **format conteneur** (AVI ou Quicktime) à l'aide d'un codec MPEG 4 (DivX, OpenDivX, XviD, 3ivx, ...)
 - La compression MPEG 4 est de plus en plus répandue sur Internet car elle génère des fichiers très légers, et est de plus en plus orientée streaming.
 - De plus, c'est un format idéal pour sauvegarder les DVD-Vidéo et les graver sur CD-R.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG-4

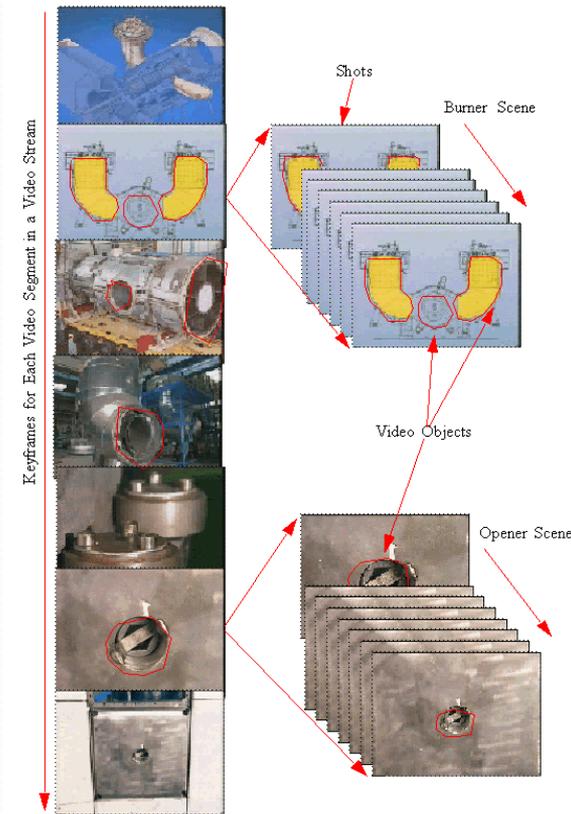
- Format MPEG-4:
 - Par rapport aux versions MPEG-1 et MPEG-2, il est maintenant possible de représenter :
 - des objets naturels (films ou photos tirés du monde réel)
 - des objets synthétiques (objets virtuels 2D et 3D).
 - Ces 2 grandes familles peuvent cohabiter ensemble pour fournir une solution de *réalité virtuelle* ou de *réalité augmentée*.



Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG-7

- Format MPEG-7 :
 - Appelé *Multimedia Content Description Interface*
 - Problème :
 - Les données multimédia sont dispersées dans de nombreuses bases de données.
 - Solution :
 - Dans ce contexte, MPEG-7 se propose de standardiser la représentation de leur contenu pour la recherche et le filtrage d'information.
 - Contrairement à MPEG-4 qui décrit un format de codage vidéo, **MPEG-7** est une norme de description dont le but est de faciliter l'indexation et la recherche de documents multimédia.



Les formats spécifiques

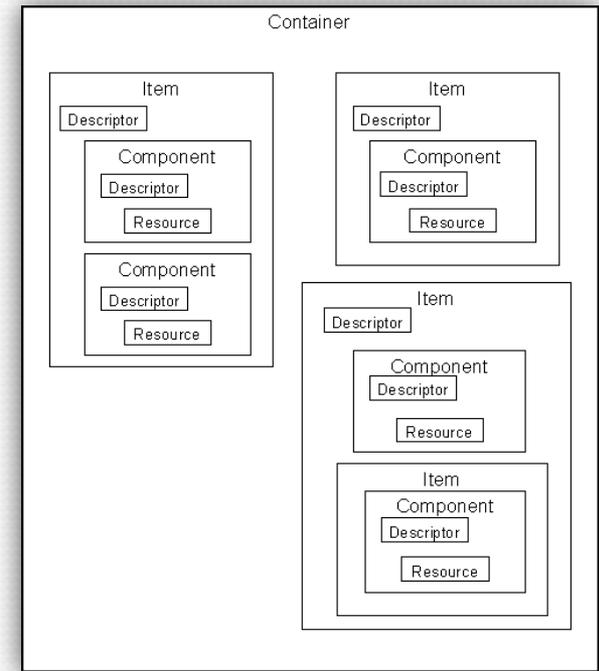
Animation bitmap : MPEG-7

- Format MPEG-7 :
 - Intérêt :
 - Beaucoup d'applications peuvent bénéficier de MPEG-7, telles que :
 - la recherche dans les bases de données audiovisuelles (pour le médical, l'éducatif, les loisirs, la surveillance, ...)
 - la sélection de programmes diffusés.
 - Actuellement :
 - très peu utilisé dans les applications grand public.
 - Certaines applications MPEG-7 existent à l'état de prototype (IBM Video annotation, Ricoh Movie Tool).
 - Le standard TV-anytime développé pour la description de contenus de télévision utilise MPEG-7.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG-21

- Format MPEG-21 :
 - But : spécifier une architecture permettant l'interopérabilité et l'utilisation transparente des représentations audiovisuelles numériques
 - Proposer un ensemble d'outils et d'objets indépendant de toute architecture matérielle ou de système, et couvrant la production du contenu, sa distribution, sa description, ainsi que la gestion des droits numériques (DRM).
 - Similaire à la structure d'un fichier XML, le MPEG-21 permet de contenir un très grand nombre de données multimédia, et les relations entre chaque donnée multimédia et leurs métadonnées (descripteurs).



Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

Etude du principe de fonctionnement simplifié

Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

- La norme MPEG représente chaque image comme un ensemble de blocs 16 x 16.
- La compression de type MPEG opère en 2 étapes :
 1. Etude des redondances temporelles
 2. Etude des redondances spatiales

Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

Redondance temporelle

- Dans une séquence vidéo, la différence entre une image et la suivante est relativement faible, sauf lors d'un changement de plan :
 - c'est la *redondance temporelle*.
- Autrement dit, la position d'un bloc de pixels varie généralement peu d'une image à l'autre. C'est cette variation qui est codée par *compensation de mouvement et prédiction*.



Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

Redondance spatiale

- Une image, prise indépendamment des autres, présente des zones uniformes plus ou moins grandes dans lesquelles les pixels ont des valeurs très voisines, voire semblables :
 - c'est la *redondance spatiale*.
- En l'éliminant par codage, il est possible de réduire la quantité d'informations à transmettre



Les formats spécifiques

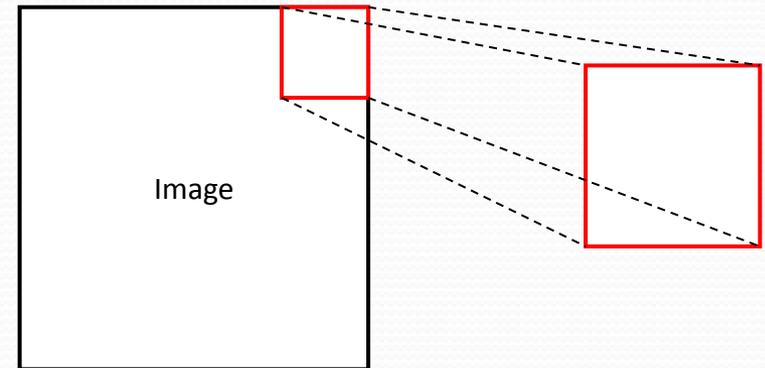
Animation bitmap : MPEG

- Etude des redondances temporelles :

- La norme MPEG représente chaque image comme un ensemble de blocs 16 x 16.

- Une séquence vidéo MPEG est composée de quatre types d'images :

- Les images **Internes** (I)
- Les images **Prédictives** (P)
- Les images **Bidirectionnelles** (B)
- Les images **Faibles résolutions** (D)



Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

- Etude des redondances temporelles :

- Les images Internes (I)



- Ces images, dites *intra coded frames*, sont codées intégralement, sans aucune référence aux images voisines de la séquence vidéo.
- Ces images sont codées uniquement en utilisant le codage JPEG (utilisation d'une transformée en cosinus discret – DCT) → présence d'artefact

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

- Etude des redondances temporelles :
 - Les images **Internes (I)**
 - Les images Internes constituent les *images de référence* à partir desquelles est réalisé le décodage.
 - Permet d'éviter une dégradation progressive de l'image au cours du temps.
 - Permet de se positionner rapidement à n'importe quel endroit du film, sans avoir à tout recalculer depuis le début.
 - Il y en a donc une ou deux par seconde dans une vidéo MPEG.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

- Etude des redondances temporelles :

- Les images **Prédictives (P)**
 - Elles exploitent la redondance temporelle des images d'une séquence vidéo.
 - Les images sont décrites par différence avec les images précédentes, en définissant des blocs, appelés *macroblocs* (16×16 pixels) qui se superposeront à l'image précédente.
 - L'algorithme compare les deux images bloc par bloc et à partir d'un certain seuil de différence, il considère le bloc de l'image précédente différent de celui de l'image en cours et lui applique une compression JPEG.



Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

- **Etude des redondances temporelles :**
 - Les images **Prédictives (P)**
 - Utilisation des informations des images (I) ou (P) précédentes pour réaliser une « compensation de mouvement »
(en compensant les pixels d'une image à la suivante) pour déterminer les pixels qui les constituent.
 - On joue sur le fait qu'il y a de grandes ressemblances (= redondance d'information) entre deux images successives.
 - Par rapport aux images Internes (I), les images Prédictives (P) demandent d'avoir toujours en mémoire l'image précédente.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

- Etude des redondances temporelles :

- Les images **Birectionnelles (B)**
 - Comme les images P, elles examinent les images (I) ou (P) précédentes, mais elles examinent aussi les images (I) ou (P) suivantes.
 - Avantage :
 - Meilleure compression que les images prédictives (P)
 - Inconvénients :
 - induit un retard (puisque'il faut connaître l'image suivante)
 - oblige à garder en mémoire trois images (la précédente, l'actuelle et la suivante).



+ 2 ×



=

Image B

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

- Etude des redondances temporelles :

- Les images Birectionnelles (B)

Mouvement de caméra
←



- Étude de la redondance temporelle par blocs
 - problème lors de travellings, lorsqu'un bloc change complètement d'une image à l'autre.
- Problème lors de séquences très rapide sur DVD, télévision numérique, caméscope DV, ...

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

- **Etude des redondances temporelles :**
 - Les images **Faibles Résolutions (D)**
 - Image de résolution de très basse qualité en faisant des moyennes par bloc (16×16 pixels)
 - Intérêt : décompression très rapide
 - But : permettre une visualisation en avance rapide car le décodage "normal" demanderait trop de ressources processeur.
 - Images réservées à l'avance rapide.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

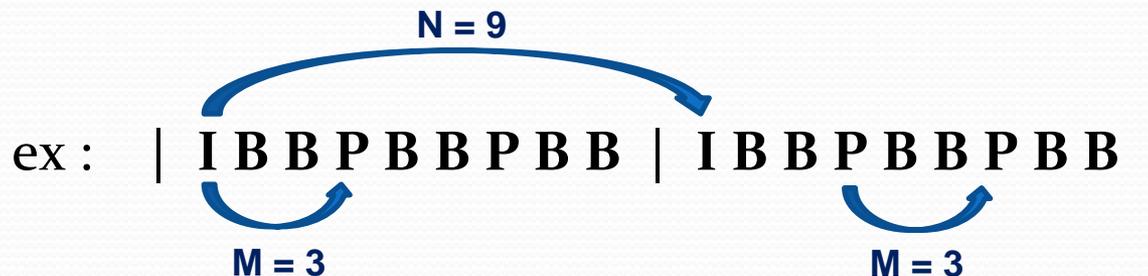
- Etude des redondances temporelles :
 - Afin d'optimiser le codage MPEG, les séquences d'images sont codées suivant une suite d'images I, B, et P dont l'ordre a été déterminé expérimentalement.
 - On appelle *GOP* (*Group Of Pictures* ou en français *groupes d'images*) une succession d'images I, P et B (parfois D) servant de motif à la structure du format MPEG.
 - Un GOP commence toujours par une image I.
ex : **I B B P B B P B B**

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

- Etude des redondances temporelles :

- Dans le GOP, on retrouve des images P à intervalle régulier, et des images B entre ces images I et P.
- Certains codecs insèrent une seule ou plusieurs images I dans un même GOP.
- Pour identifier un GOP, on utilise 2 nombres M et N.
 - M : distance entre deux images I et P successives.
 - N ($N > M$) : taille du GOP.



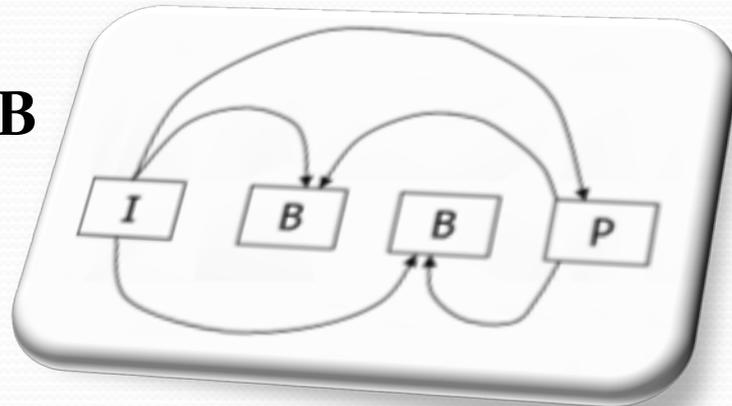
Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

- Etude des redondances temporelles :

- La séquence type appelée *GOP 3-12* (*Group Of Pictures* ou en français *groupes d'images*) est la suivante :

I B B P B B P B B B



- Les images I insérées au début de chaque GOP (et donc toutes les N images) sont appelées *images clés*.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : MPEG

- **Etude des redondances temporelles :**
 - Propriétés :
 - Plus il y aura d'images I dans un fichier MPEG, plus facile se fera l'édition, plus la taille du fichier augmentera.
 - Chaque image I permet de corriger les erreurs transmises dans un GOP par l'intermédiaire des images P et B.
 - Les images P propagent les erreurs jusqu'à la prochaine image I.
 - Les images B ne peuvent pas propager d'erreurs, car aucune image n'est produite à partir des images B.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

- **Etude des redondances spatiales :**
 - L'étude des redondances spatiales sont faites uniquement pour les images Internes (I)
 - La réduction de cette redondance spatiale peut être diminuée en codant chaque image I en JPEG.
 - Cependant, la bande passante nécessaire pour transporter une vidéo codée en RVB serait trop important (environ 30 MHz)
 - Pour diminuer cette bande passante, il est préférable de passer dans le mode YUV.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

- **Etude des redondances spatiales :**
 - Propriété de l'œil :
 - L'œil est plus sensible à l'intensité lumineuse qu'aux informations colorées.
 - Ce qui signifie que l'œil est plus sensible à l'intensité lumineuse L qu'aux chrominances U et V .
 - C'est pourquoi nous séparons la luminance Y de la chrominance (U et V) de chaque image I en convertissant le modèle de base RVB et le modèle désiré YUV .

Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

- Etude des redondances spatiales :

- La numérisation de la vidéo s'effectue avec le **modèle YUV** (Y : luminance, U et V : chrominances) selon le système :

$$Y = 0,3 R + 0,6 V + 0,1 B$$

$$U = B - Y$$

$$V = R - Y$$

- L'œil est plus sensible à l'intensité lumineuse qu'aux informations colorées.

⇒ On conserve Y mais on compresse U et V avec pertes.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

- **Etude des redondances spatiales :**
 - On ne code les composantes couleurs en utilisant les modèles de réduction de la forme : YUV a:b:c

Où :

- « a » correspond au nombre de pixels horizontaux d'un bloc
- « a:b » définit le rapport de réduction horizontale des chrominances. Ainsi, 4:2 signifie que le nombre de chrominances est divisé par 2
- « c » définit si la réduction verticale des chrominances est effective :
 - Si « b=c », il n'y a aucune réduction verticale
 - Si « c=0 », il y a une réduction verticale par 2

Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

- Etude des redondances spatiales :

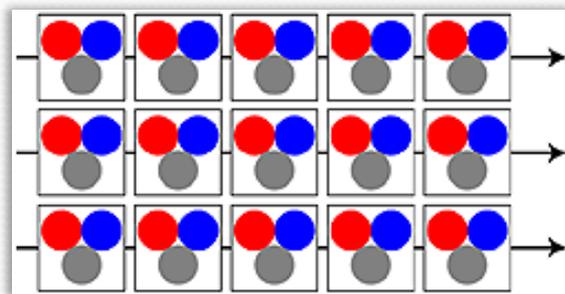
- Exemples :

- On ne code les composantes de chrominances :

- Qu'un pixel sur 2 (YUV 4:2:2)

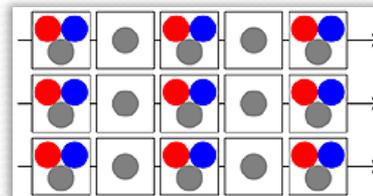
- Qu'un pixel sur 4 (YUV 4:1:1)

- Qu'un pixel sur 2, mais seulement 1 ligne sur 2 (YUV 4:2:0)

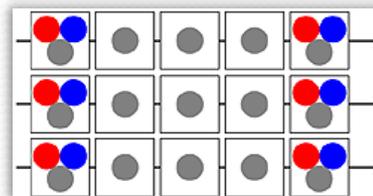


YUV 4:4:4

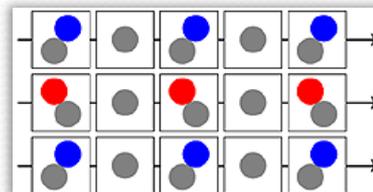
« Brut » obtenu à partir de RVB



YUV 4:2:2



YUV 4:1:1



YUV 4:2:0

Les formats spécifiques

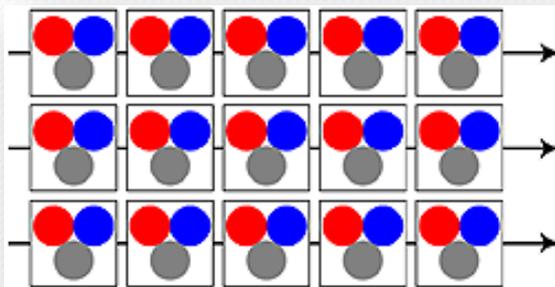
Animation bitmap : Principe MPEG

- Etude des redondances spatiales :

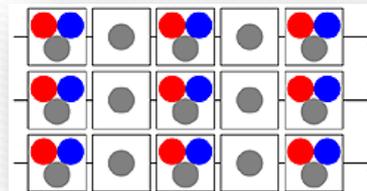
- Compression :

- Ainsi la qualité « broadcast » (diffusion TV) utilise la proportion 4:2:2 ce qui indique que pour 4 pixels en RVB (12 octets), on ne conserve que 4Y on a 2U et 2V, soit au total 8 valeurs (8 octets) :

$$\text{taux de compression} = 8 / 12 = 2 / 3 < 1$$



YUV 4:4:4



YUV 4:2:2

« Brut » obtenu à partir de RVB

Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

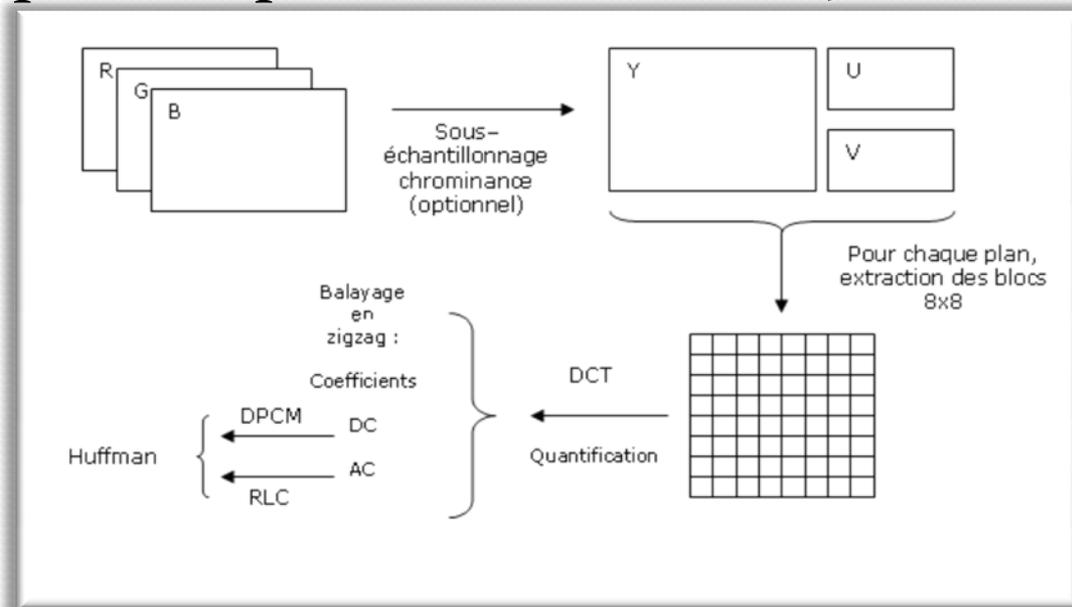
- **Conclusion**
- Pour compresser efficacement une vidéo au format MPEG, il faut réaliser les opérations dans l'ordre suivant :
 - Déterminer les types d'images I, B et P contenues dans une vidéo.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

- Conclusion

- Pour les images I, on utilise une réduction des redondances spatiales :
 1. par conversion des modèles RVB vers YUV
 2. par compression au format JPEG



Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

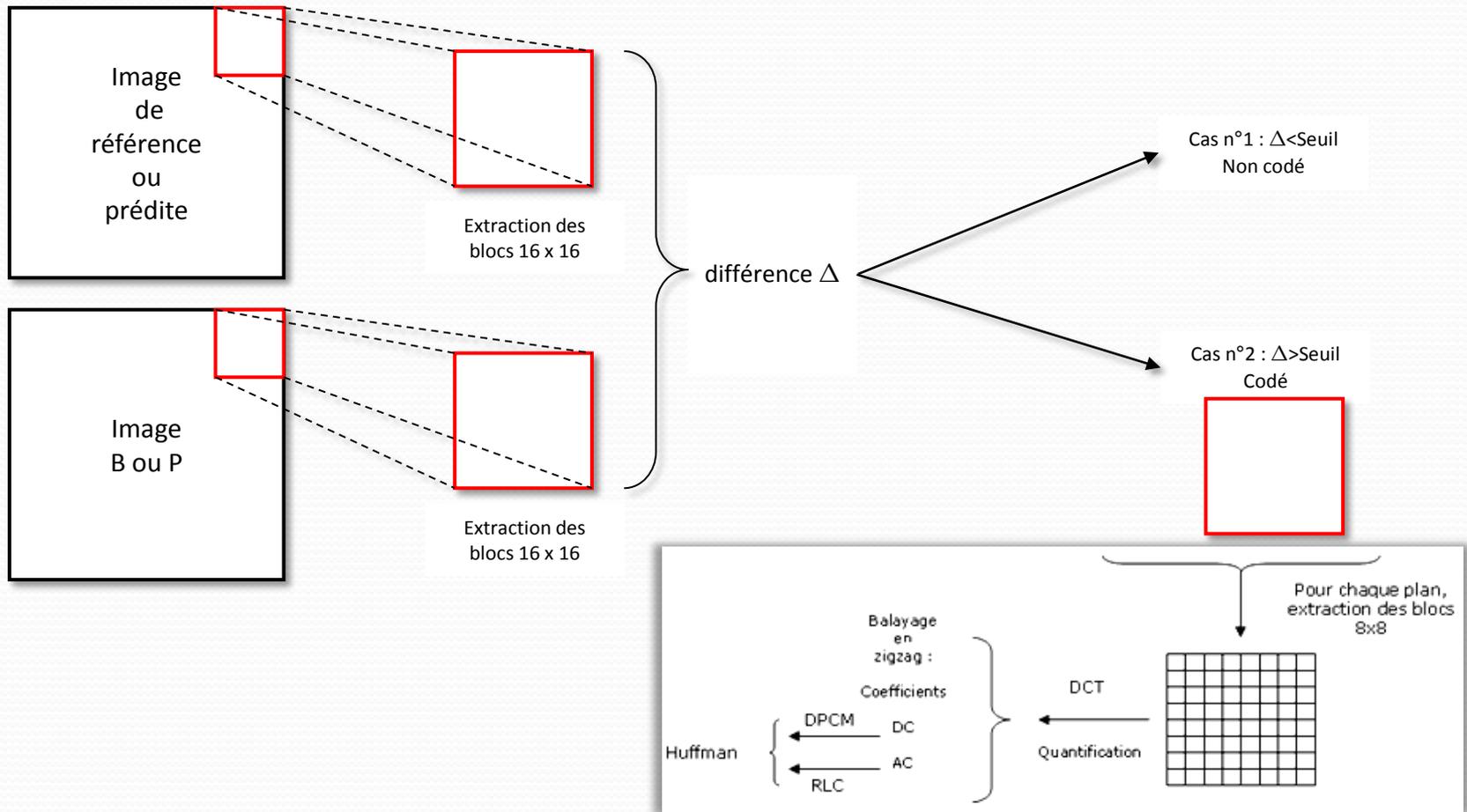
- **Conclusion**

- Pour les images B et P, on détermine la liste L des blocs (de taille 16 x 16) qui diffèrent entre celles-ci et les images de référence.
- Pour chaque bloc de la liste :
 1. On détermine le vecteur V de déplacement entre le bloc de l'image B ou P, et le bloc de l'image de référence
 2. On calcule la différence entre le bloc de l'image B ou P, (déplacé de V), et le bloc de l'image de référence (*voire même prédite pour certaine extension MPEG*).
 3. On applique la compression JPEG sur cette différence.

Les formats spécifiques

Animation bitmap : Principe MPEG

• Conclusion



Formats de fichiers

On distingue trois grandes familles de formats de fichiers d'animations :

- Les formats conteneurs
- Les formats spécifiques
- Les flux

Les flux (« ou streaming »)

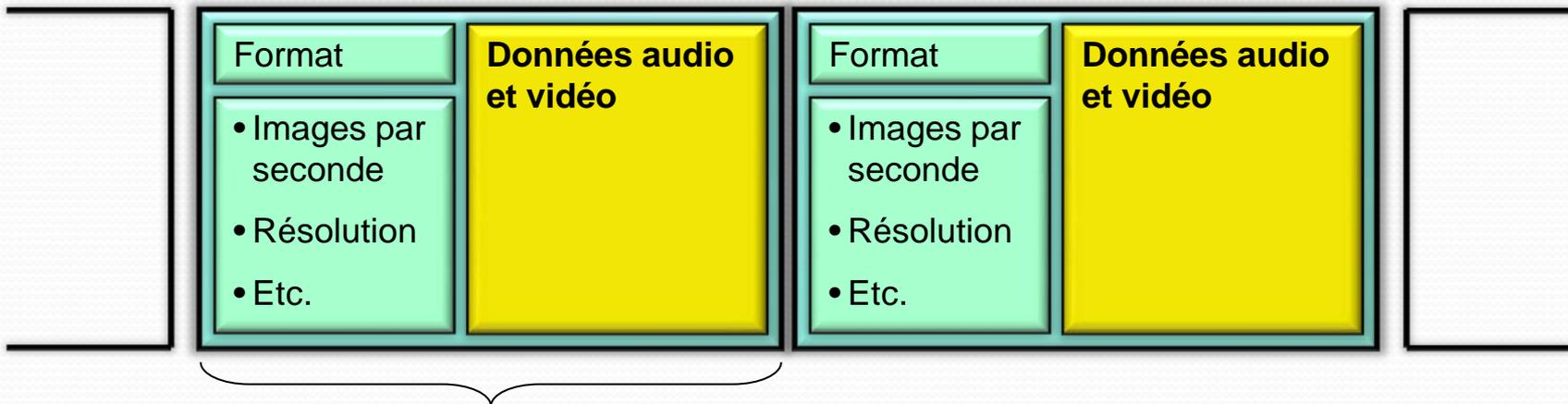
- **Flux** = fragments (appelé « paquets ») de médias (audio/vidéo) diffusés en continu comme une onde radio.
- Contrairement aux médias contenus dans des fichiers, les médias diffusés en flux n'ont pas de début ni de fin. On les "attrape" au vol en se connectant à un serveur de flux comme on allume sa radio ou sa télévision.
- Les flux sont quasiment exclusivement utilisés pour les radios et télévisions en ligne.
 - serveur haut débit pour que plusieurs personnes puissent visionner la vidéo en même temps.

Les flux (« ou streaming »)

- Grâce au streaming on peut maintenant :
 - Permettre la diffusion de flux audio et vidéo sur Internet et réseaux locaux
 - Effectuer de la vidéo ou de l'audio sur demande (VoD : Video On Demand)
 - Effectuer des multi conférences (c'est de plus en plus utilisé dans le monde de l'entreprise)
 - Diffuser en live (ex : une chaîne de télévision diffuse en permanence ses programmes sur Internet). Le flux vidéo est donc encodé directement et transmis sur Internet

Les flux (« ou streaming »)

- Principe :
 - Les flux n'ayant ni début ni fin.
 - Les flux n'ont pas d'entête de fichier pour présenter la nature de leur contenu.
 - Les flux indiquent donc ces informations en entête de chaque paquet :

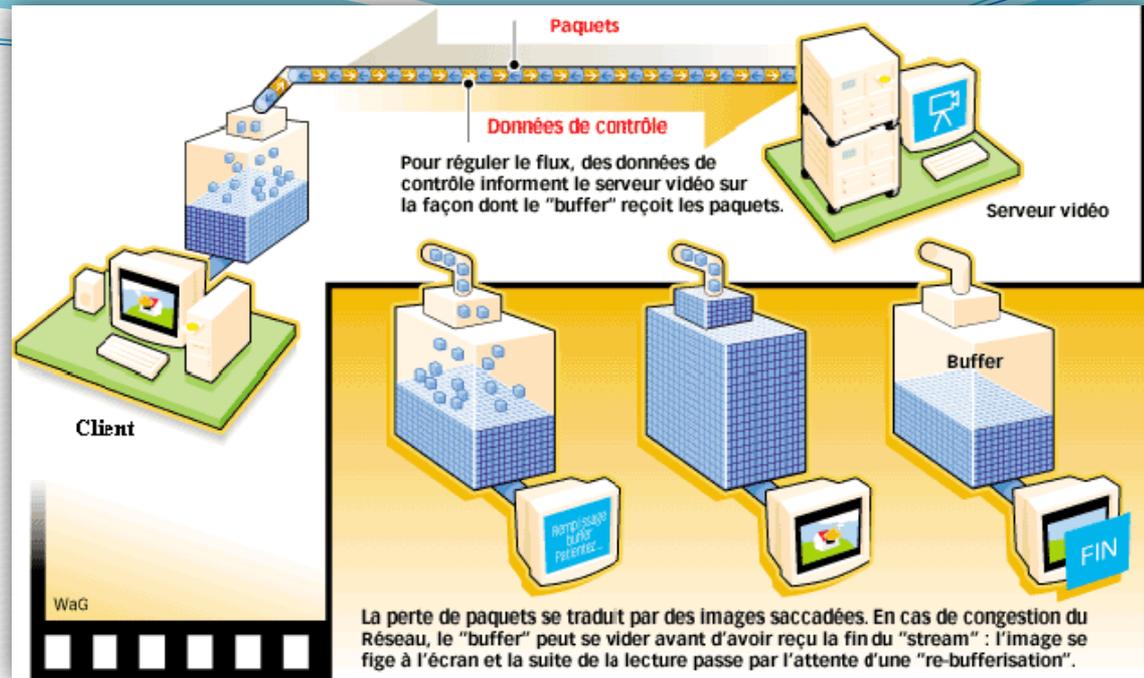


Un paquet

Les flux

- Principe :

1. Le serveur envoie le fichier vidéo ou audio par paquets de données.



2. Le client reçoit les paquets (non forcément dans l'ordre) :
 - Utilisation d'une mémoire tampon (ou buffer) pour regrouper les paquets dans le bon ordre.
 - Une fois que le buffer possède assez d'informations, la lecture du flux commence et la vidéo/son est retransmis.
 - Si la connexion réseau est mauvaise, l'arrivé des paquets sera ralentie.
 - Lorsque le buffer de réception est vide, la lecture s'arrête et reprendra lorsqu'elle possèdera assez de données pour continuer. L'image est alors figée.

Les flux (« ou streaming »)

- Principe :
 - Pour que le streaming soit possible, il faut effectuer un traitement sur le fichier avant de le transmettre sur le réseau.
 - La taille d'une vidéo étant souvent importante, il faut la compresser pour réduire le nombre de paquets à envoyer.
 - Le streaming aura une qualité plus faible que le fichier d'origine.
 - La compression utilisée (ex : MPEG4, MJPEG, ...) est effectuée sur chacun des paquets.

Les flux (« ou streaming »)

- Quelques formats :
 - Windows Media : ASF, WMV
 - Real Media : RM
 - Flash Video : FLV

On peut créer des fichiers vidéo sous ces formats pour les conserver ou les mettre en ligne.

Les flux (« ou streaming »)

- Format Windows Media : ASF / WMV
 - Format audio/vidéo développé pour Internet par Microsoft. Il utilise la norme MPEG 4.
 - *Advanced Streaming Format (ASF)* : basé sur la norme MPEG 4 V2.
 - *Windows Media Vidéo (WMV)* : basé sur la norme MPEG 4 V3 (plus moderne).
 - Formats conteneurs
 - Le conteneur ASF fournit également un ensemble complet d'outils pour la Gestion numérique des droits (DRM) dans les formats WMA et WMV.

Les flux (« ou streaming »)

- Format Real Media : RM / RAM / RPM
 - Format audio/vidéo créé par RealNetworks.
 - On peut créer des fichiers vidéo sous ce format pour les conserver ou les mettre en ligne.
 - Le format RealMedia est lisible sur les plates-formes les plus courantes (Linux, MacOS, Windows, Solaris, etc.)

Les flux (« ou streaming »)

- Format Flash Video : FLV
 - Format de fichier utilisé sur Internet pour diffuser des vidéos via le lecteur Adobe Flash Player.
 - C'est un format conteneur.
 - Codecs utilisés :
 - Le codec vidéo est soit une variante du H.263, soit le codec VP6 de la société On2, soit encore une suite de captures écran.
 - L'audio est soit non compressé (PCM, ADPCM) soit compressé en MP3.

Les flux (« ou streaming »)

- Format Flash Video : FLV
 - Fortement utilisé par les sites de partage de vidéo en *streaming* qui avaient besoin de diffuser un flux vidéo important, comme Youtube ou Dailymotion.
- Avantage :
 - Faible encombrement (lors de transferts sur le réseau, ou du côté serveur)
- Inconvénient :
 - Dépendant de la bande passante à disposition de l'utilisateur.