

## Chapitre 2

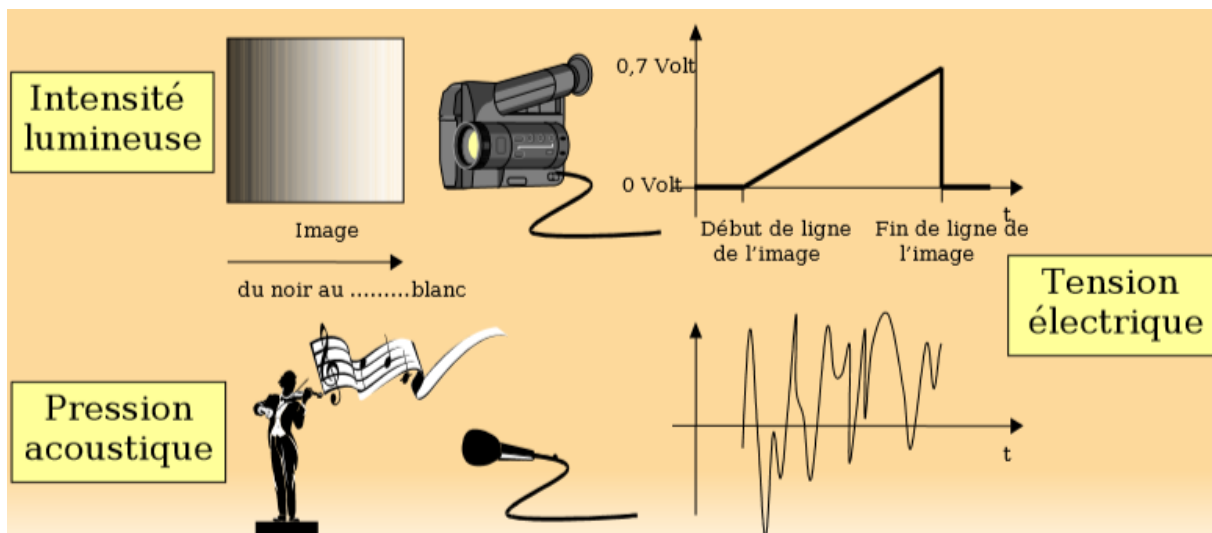
### Numérisation des signaux vidéo et audio

#### 2.1. Introduction

Dans un signal numérique, l'information est transmise à l'aide d'une suite d'éléments binaires. Ce signal comporte donc de nombreuses discontinuités au cours du temps.

#### 2.2. Le signal analogique

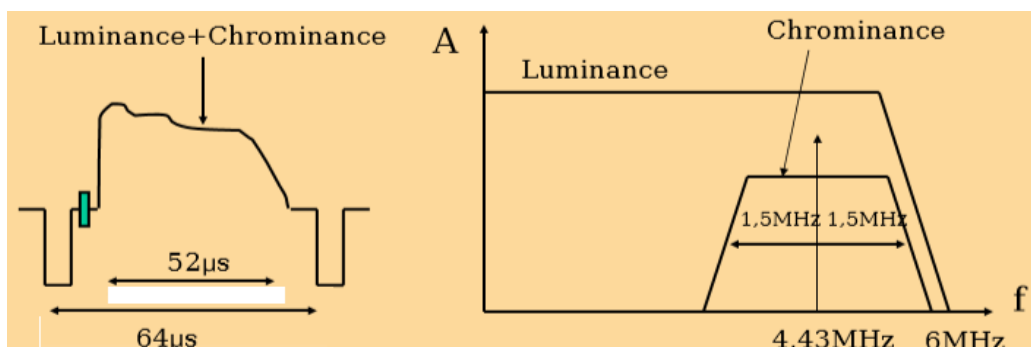
Ce signal représente le plus naturellement et le plus fidèlement les variations d'un phénomène physique de manière continue.



**Inconvénient majeur :** il est très fragile. Son enregistrement, son traitement ou sa transmission lui fait subir différents types de dégradations, qui altèrent rapidement sa qualité.

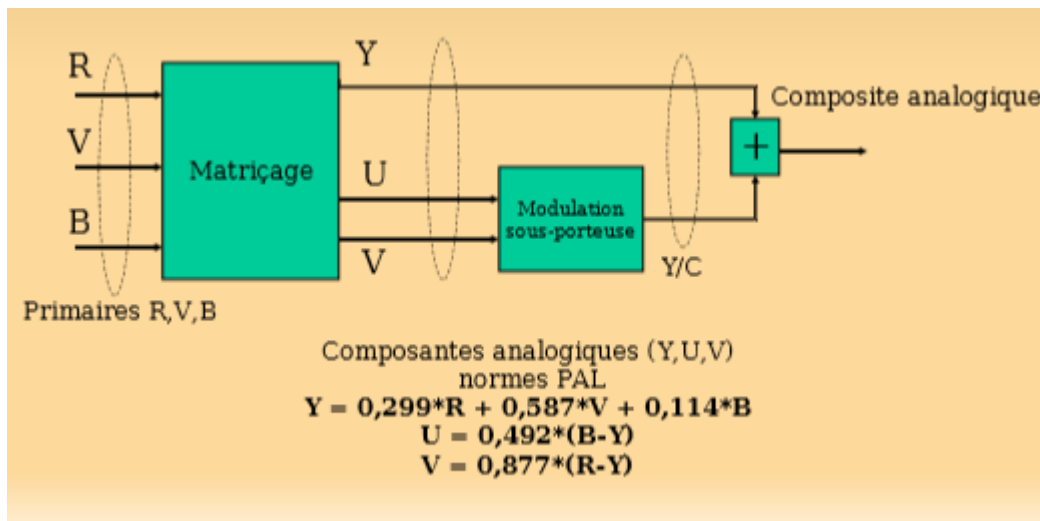
##### 2.2.1. Le signal vidéo analogique

Comme vu au chapitre précédent, ce dernier est un signal composite. Les standards PAL, SECAM (625/50) et NTSC (525/60) sont tous trois nés de la nécessité d'assurer le passage de la télévision en noir et blanc à la télévision en couleurs de façon totalement compatible.



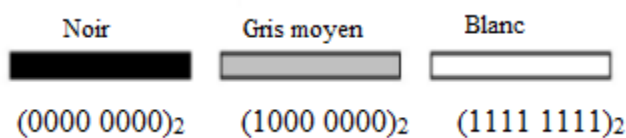
L'œil est moins sensible aux fins détails de couleurs qu'aux fins détails de luminance.

Le signal vidéo analogique est obtenu à partir des trois couleurs primaires comme l'illustre la figure ci-dessous :



### 2.2.2. Le signal numérique

Ce signal n'a pas de nature physique. Il se présente sous la forme d'un message composé d'une suite de symboles, et est discontinu. Il représente la valeur arrondie d'une grandeur physique analogique à un instant donné.



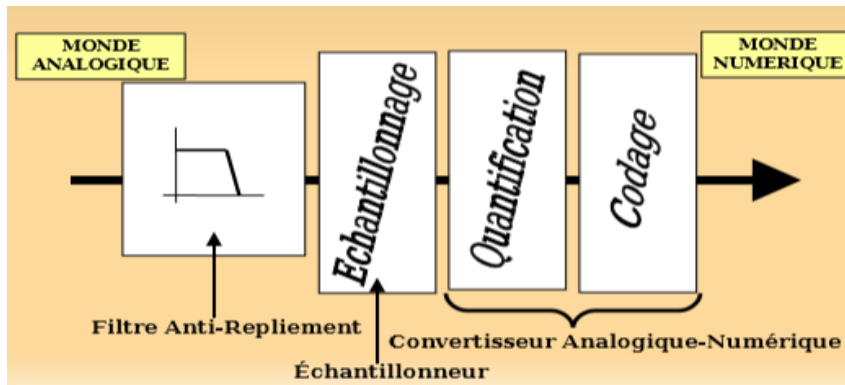
#### Avantage :

- Le signal numérique est particulièrement **stable**.
- Il se prête remarquablement aux traitements les plus complexes et aux copies cumulatives au travers desquelles l'information qu'il porte est totalement préservée.

#### Inconvénient...

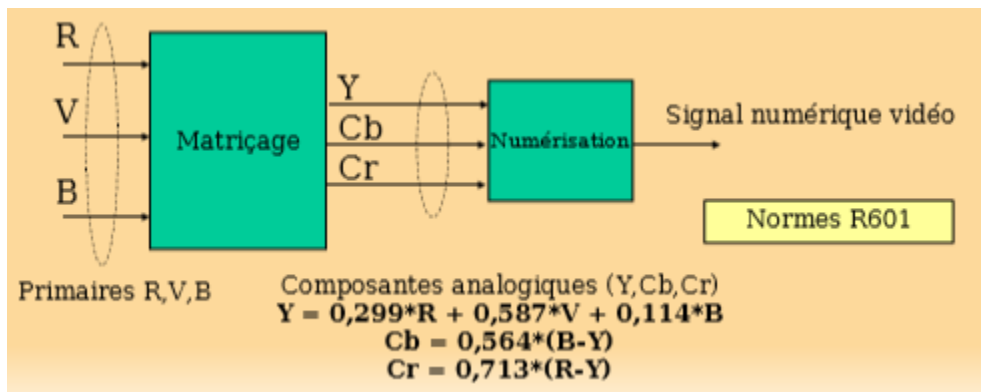
### 2.3. Conversion analogique/numérique :

La figure ci-dessous montre les étapes nécessaires pour transformer un signal analogique en signal numérique.



### 2.3.1. Le signal vidéo numérique

Pour supprimer les différents systèmes de couleurs liés au signal composite et favoriser l'échange international des programmes, il a été décidé de numériser des données communes à tous les pays. Ce qui a été décidé c'est numériser les composantes Y, Cb, Cr.



La numérisation doit impérativement préserver l'information. Tout doit être fait pour que le rythme de numérisation soit suffisamment rapide pour être à l'affût de la variation la plus brève du signal d'origine.

Quel est le principal paramètre de la numérisation qui joue sur cette préservation ?

C'est la fréquence d'échantillonnage.

Comment doit être définie cette fréquence ?

C'est le critère de Shannon qui détermine la fréquence d'échantillonnage :  **$F_e > 2 \cdot F_{\max}$**

L'information de luminance dispose d'une bande passante de 6MHz. La fréquence d'échantillonnage du signal de luminance doit donc être au moins égale à 12MHz. Il a été adopté comme norme mondiale (selon la Norme R601) une fréquence d'échantillonnage du signal de luminance égale à :

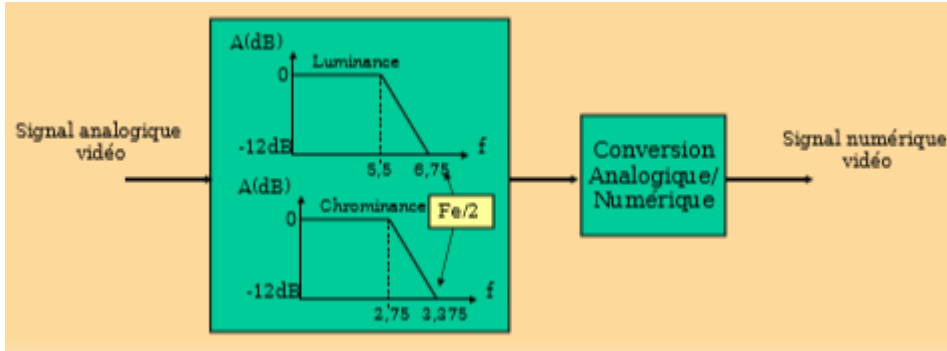
$$F_e(Y) = 13,5\text{MHz}$$

Les signaux de couleurs ont une bande passante de 3MHz. La fréquence d'échantillonnage des signaux de couleurs doivent donc être au moins égale à 6MHz. On a adopté comme norme mondiale une fréquence d'échantillonnage des signaux de couleurs égale à :

$$F_e (Cr) = F_e (Cb) = 6,75\text{MHz}.$$

Au niveau international, une ligne active numérique renferme 720 échantillons de luminance et 360 échantillons pour chaque information de chrominance. Une image numérique présente 575 lignes utiles.

Le filtrage anti-repliement a pour rôle de supprimer, avant l'échantillonnage, les fréquences du signal vidéo supérieures à la moitié de la fréquence d'échantillonnage.



## 2.4. Dynamique d'un signal

La dynamique  $D$  d'un signal avec une amplitude crête à crête maximale  $V_{PP}(F_{PP})$ , quantifiée avec  $m$  pas (avec  $m = 2^b$ , où  $b$  est le nombre de bits de la quantification), est le rapport entre  $V_{PP}$  et la valeur de crête maximale de l'erreur de quantification, qui est égal au pas de quantification  $Q$ .

Par définition,  $Q$  est égal à l'amplitude maximale pic à pic  $F_{PP}$  divisée par le nombre d'étapes de quantification  $m$ , c'est-à-dire  $Q = V_{PP} / m = V_{PP} / 2^b$ . Par conséquent, la dynamique  $D$  (en dB) est égale à

$$\begin{aligned} D(\text{dB}) &= 20 \times \log(V_{PP}/Q) = 20 \times \log(V_{PP} \times 2^b / V_{PP}) \\ &= 20 \times \log 2^b = b \times 20 \times \log 2 \end{aligned}$$

$$D = b \times 6 \text{ dB} \quad (2.1)$$

Exemple 1 (vidéo) : Une quantification à 8 bits ( $b = 8$ ) donne  $D = 48 \text{ dB}$ .

Exemple 2 (audio) : Une quantification de 16 bits ( $b = 16$ ) donne  $D = 96 \text{ dB}$ .

### Rapport signal sur bruit de quantification

Si  $Q$  est le pas de quantification, la tension de bruit de quantification  $N_q$  est égale à  $Q / \sqrt{12}$

Pour un signal vidéo,  $V_{PP}$  est égal à l'amplitude du noir au blanc  $V_{NB}$ , et donc  $Q = V_{NB} / m = V_{NB} / 2^b$ . Le rapport signal / bruit de quantification,  $\frac{S_V}{N_q}$ , est le rapport du signal noir sur blanc FBW à la tension de bruit de quantification  $N_q$ :

$$\frac{S_V}{N_q}(\text{dB}) = 20 \times \log\left(V_{NB} \times 2^b \times \frac{\sqrt{12}}{V_{NB}}\right) = 20 \times \log(2^b \times \sqrt{12}) \cong b \times 6 + 20 \times \log(\sqrt{12})$$

$$\frac{V_S}{N_q} \cong D + 10.8dB \quad (2.2)$$

Par conséquent, dans le cas de l'exemple 1 ci-dessus (signal vidéo quantifié à 8 bits), on aura :

$$D = 48dB \quad \text{et} \quad \frac{V_S}{N_q} = 58.8 dB.$$

Pour un signal audio, le rapport signal sur bruit quantification,  $S_A / N_q$ , est le rapport du signal efficace  $V_{RMS}$  (RMS : Root Mean Square) à la tension du bruit de quantification  $N_q$ . Si nous supposons un signal sinusoïdal d'amplitude maximale de crête à crête  $V_{PP}$ , la tension RMS maximale correspondante est  $V_{RMS} = V_{PP} / 2\sqrt{2}$ . Avec  $N_q = \frac{Q}{\sqrt{12}} = \frac{V_{PP}}{2^b \sqrt{12}}$  on aura donc :

$$\begin{aligned} \frac{S_A}{N_q} (dB) &= 20 \times \log \left( V_{PP} \times 2^b \times \frac{\sqrt{12}}{V_{PP} \times 2\sqrt{2}} \right) \\ &= 20 \times \log(2^b \times \sqrt{12}/2\sqrt{2}) \cong b \times 6 + 20 \times \log(\sqrt{12} - \log 2\sqrt{2}) \end{aligned}$$

$$\frac{S_A}{N_q} \cong D + 1.8dB$$

Ainsi, dans le cas de l'exemple 2 (signal audio quantifié sur 16 bits),  $D \cong 96dB$  et

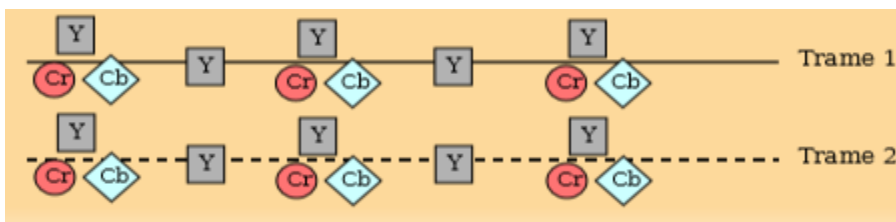
$$\frac{S_A}{N_q} \cong 97.8dB$$

## 2.5. Les Formats de numérisation du signal vidéo

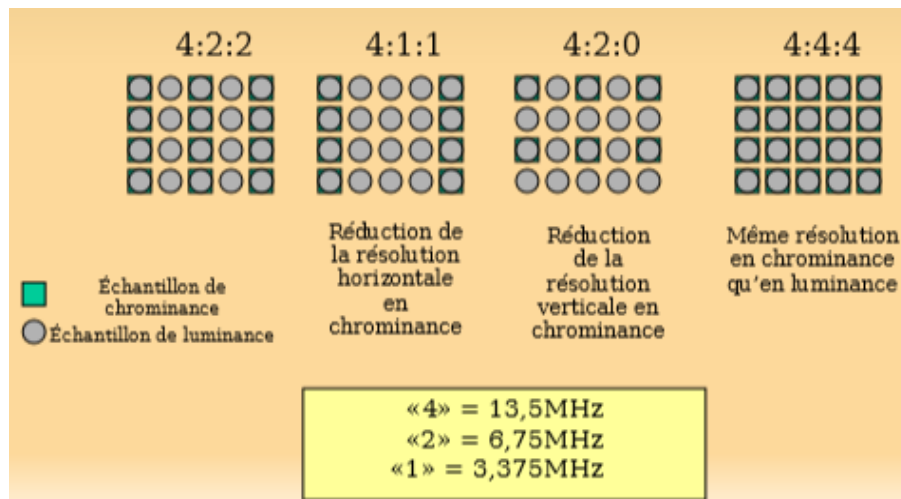
La plus faible sensibilité de l'œil humain à la couleur qu'au niveau de luminosité autorise de prélever deux fois moins d'échantillons de chrominance que d'échantillons de luminance. Il existe plusieurs structures de placement des échantillons dans une trame dont la plus courante est la suivante :

### - Format 4:2:2

La norme de codage numérique destinée aux applications de studio a été baptisée «4:2:2».



On appelle format la suite de trois chiffres A:B:C, chaque chiffre correspondant à la fréquence d'échantillonnage des signaux Y:Cb:Cr. Par exemple, le format 4:2:2 veut dire que pour 4 éch de luminance on ne prend que 2 éch de chrominance.



Le tableau suivant résume les caractéristiques de ces différents formats.

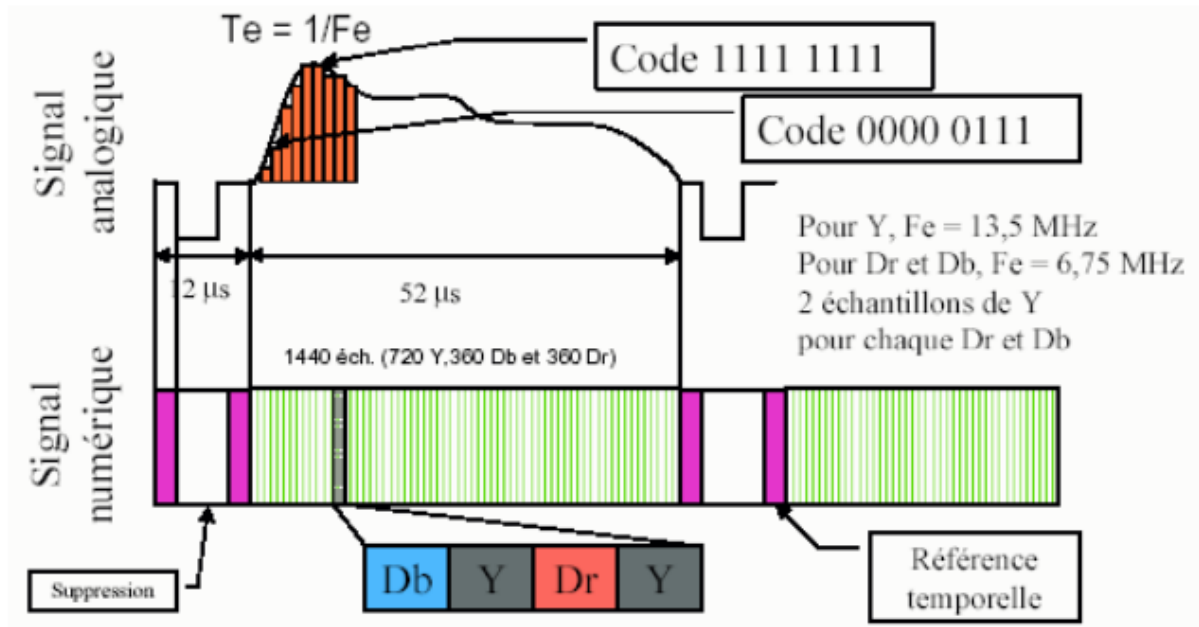
| nom       | structure d'échantillonnage :<br>× représente un échantillon de luminance<br>○ représente un échantillon de chrominance | $f_{\text{échantillonnage}}$ et dimensions  | application  |
|-----------|---|---|--|
| 4 : 4 : 4 |   | Y : 13,5 MHz<br>720x576 en 625 lignes<br>720x480 en 525 lignes<br>Dr, Db : 13,5 MHz<br>720x576 en 625 lignes<br>720x480 en 525 lignes                         | qualité haute définition (pour la chrominance)                       |
| 4 : 2 : 2 |   | Y : 13,5 MHz<br>720x576 en 625 lignes<br>720x480 en 525 lignes<br>Dr, Db : 6,75 MHz<br>360x576 en 625 lignes<br>360x480 en 525 lignes                         | post-production, studio  |
| 4 : 1 : 1 |   | Y : 13,5 MHz<br>720x576 en 625 lignes<br>720x480 en 525 lignes<br>Dr, Db : 3,375 MHz<br>180x576 en 625 lignes<br>180x480 en 525 lignes                        | diffusion  |
| 4 : 2 : 0 |   | Y : 13,5 MHz<br>720x576 en 625 lignes<br>720x480 en 525 lignes<br>Dr, Db : 6,75 MHz<br>(une ligne sur deux)<br>360x288 en 625 lignes<br>360x240 en 525 lignes | diffusion<br>(nécessite une mémoire d'image et un filtrage vertical) |

## 2.6. La ligne vidéo numérique

Une ligne active 4:2:2 est donc codée sur 1 440 mots (720 x 2). Les signaux permettant de positionner la ligne active numérique sont codés respectivement sur 264 et 24 mots pour les systèmes à 625 lignes et sur 244 et 32 mots pour les systèmes à 525 lignes. Le front avant des

impulsions de synchronisation ligne (SAV) détermine l'arrivée du premier échantillon et la référence de temps pour la conversion analogique-numérique. Le front arrière (EAV) en détermine la fin.

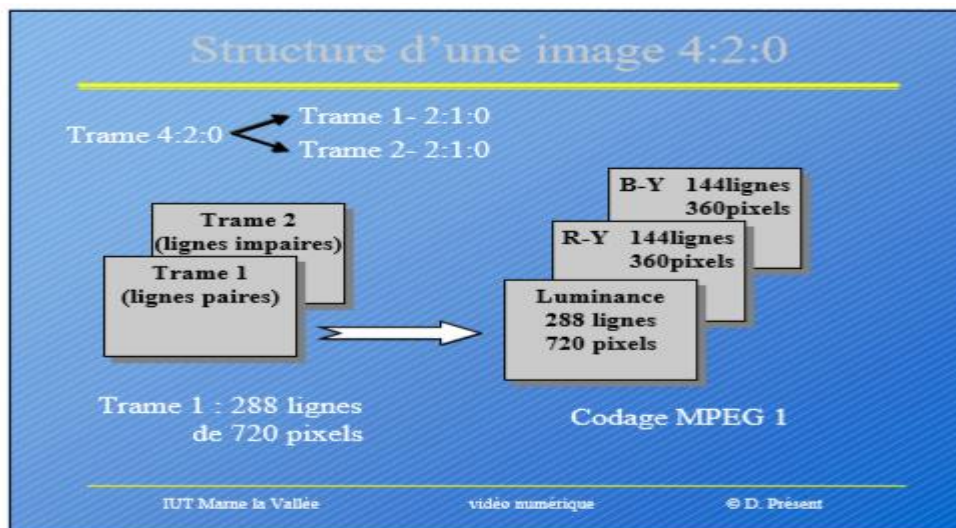
### ✓ Conversion analogique numérique 4:2:2 (CCIR 601)



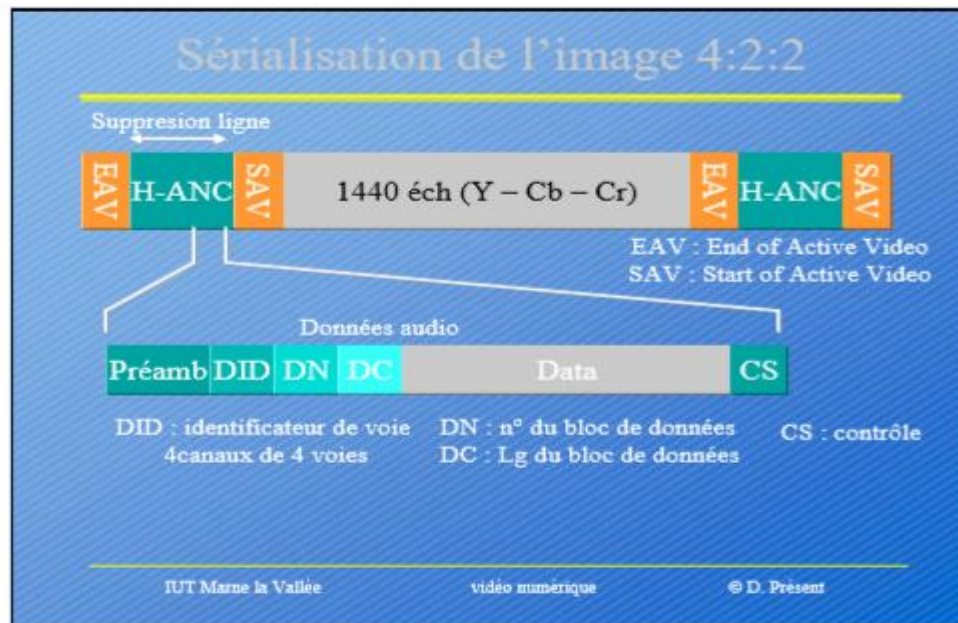
## 2.7. La trame vidéo numérique

Selon le format 4:2:2, les images vidéo numériques (A partir de 1972) sont caractérisées par :

- L'image de luminance numérique fait 720x576 :
  - Il y a 720 échantillons de luminance par ligne.
  - Il y a 576 lignes visibles.
- L'image de chrominance numérique fait 360x576 :
  - Il y a 360 échantillons de chrominance par ligne
  - Il y a 576 lignes visibles







## 2.8. Standards et définitions de vidéo numérique en p et/ou i

Avoir une meilleure définition à taille d'image égale c'est le principal intérêt d'une résolution d'image élevée : un plus grand nombre de pixels permet d'afficher plus de détails sur une image de même taille. Les matières, les textures, le grain de peau des acteurs, les arrière-plans : tout est plus riche et plus réaliste.



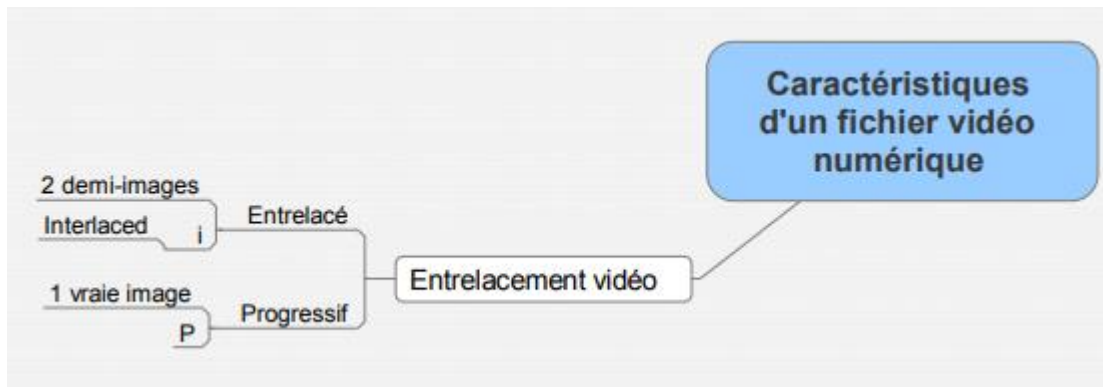
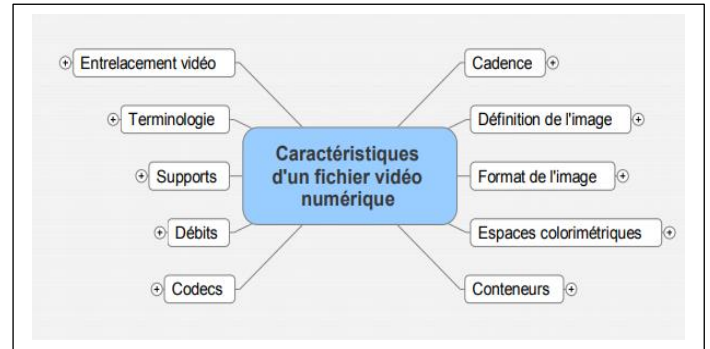
Cette figure présente de manière agrandie le même détail extrait de l'image ci-dessus, affiché par cinq téléviseurs de diagonale identique mais avec chacun une résolution différente :

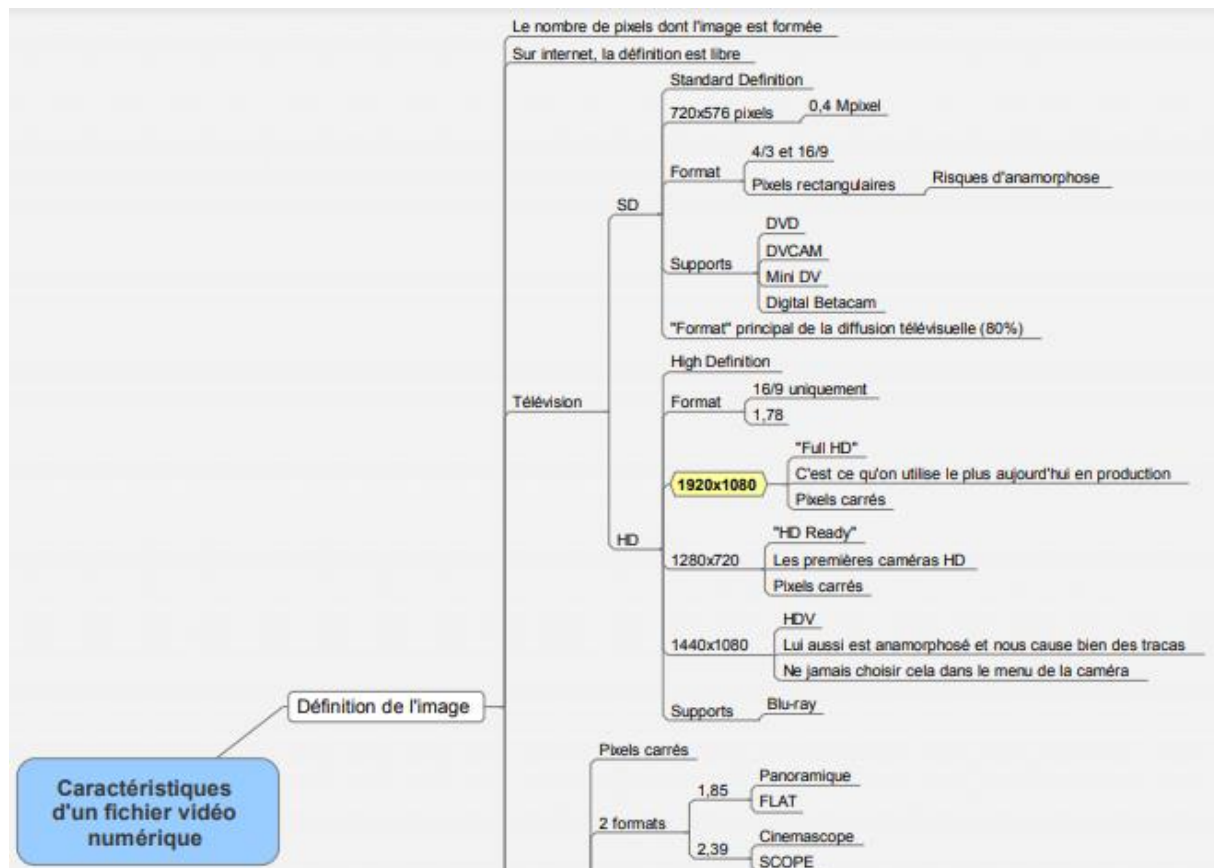
- la résolution 480p, correspondant à la résolution d'un film en DVD sur un téléviseur cathodique (720 x 480 pixels, format 16/9).
- la résolution 720p, correspondant à la norme d'affichage HD Ready (1280 x 720 pixels, format 16/9).



- la résolution 1080p, correspondant à la norme d'affichage Full HD (1920 x 1080 pixels, format 16/9).
- la résolution 2160p, correspondant à la norme d'affichage UHD TV1 (3840 x 2160 pixels, format 16/9), couramment appelée UHD-4K ou simplement 4K.
- la résolution 4320p, correspondant à la norme d'affichage UHD TV2 (7680 x 4320 pixels, format 16/9), couramment appelée UHD-8K ou simplement 8K.

- PAL (DVD) : 720 x 576 pixels (4/3)
- 480p : 720 x 480 (16/9)
- 720p : 1280 x 720 (16/9)
- 1080i : 1920 x 1080 (16/9), en 2 passes (entrelacé)
- 1080p : 1920 x 1080 (16/9), en 1 passe (progressif)
- UHD-4K : 3840 x 2160 (16/9), en 1 passe (progressif)
- UHD-8K : 7680 x 4320 (16/9), en 1 passe (progressif)





## 2.9. Numérisation du signal audio

L'être humain perçoit les images et les sons de manière analogique : aidés du cerveau, ses yeux enregistrent les variations de luminosité (luminance) et de couleurs (chrominance), tandis que son ouïe « décode » les modulations d'amplitude et de fréquences sonores. Le traitement numérique (Digital en anglais) des informations n'est qu'une étape intermédiaire permettant de les enregistrer, de les stocker et de les transmettre d'une façon plus économique. Le schéma de base de tout procédé numérique est donc :

- Capture analogique
- **Conversion** analogique/numérique (A/N)
- Traitement, stockage, transmission des informations sous la forme numérique
- **Conversion** numérique/analogique (N/A), permettant la visualisation et/ou l'audition.

### 2.9.1. Principe de la numérisation

Prenons l'exemple simple d'un signal audio numérique, tel le son stéréo Nicam qui accompagnait certaines émissions de télévision. La numérisation du signal est régie par deux facteurs dont dépend la qualité de la restitution sonore :

#### Échantillonnage et Quantification.

- Le signal analogique est découpé en « tranches » de signaux binaires « 0 » et « 1 », à une certaine fréquence dite « d'échantillonnage » définie par le théorème de Shannon.

La voix, sur une ligne téléphonique classique, occupe une bande passante de 0 à 4 kHz. (limitée naturellement par le support ). Lors de son passage sur le réseau téléphonique numérique son échantillonnage se fait à 8 kHz. On prélève donc 8000 échantillons/seconde sur ce signal.

La numérisation d'un signal musical sur une carte son d'ordinateur est proposée avec trois fréquences d'échantillonnage :

- 11025 Hz pour numériser un signal de parole avec une bonne qualité. Conserve donc une bande passante de 5512,5 Hz du signal vocal.
  - 22 050 Hz pour numériser de la musique avec une qualité normal.
  - 44 100 Hz pour numériser de la musique avec une qualité CD (fréquence audio maximale de 22 kHz).
  - 32 000 Hz pour numériser le son stéréo Nicam (fréquence audio maximale de 16 kHz)
- L'opération de quantification consiste à attribuer un plus ou moins grand nombre de niveaux d'amplitude aux échantillons binaires successifs. Plus il y a de niveaux, plus la restitution est à la fois détaillée (résolution) et dynamique (rapport signal/bruit plus élevé). Le nombre de niveaux est égal à  $2^n$  bits.

Exemple :

- Une quantification 8 bits signifie donc  $2^8$  niveaux, avec une résolution de 256 niveaux.
- Pour le Nicam quantifié 14 bits, on a  $2^{14} = 16\,384$  niveaux,
- Dans le cas du CD audio quantifié 16 bits, on a  $2^{16} = 65\,536$  niveaux.

## 2.10. Conclusion

En résumé, une chaîne de numérisation du signal comportera les éléments suivants :

- **Ecrêtage** : pour limiter la dynamique du signal analogique sur une plage de tension connue.
- **Filtrage** : pour borner le spectre du signal analogique à une fréquence  $F_{\max}$  connue.
- **Echantillonnage** : pour prélever régulièrement tous les  $T_e$  tel  $F_e > 2 F_{\max}$
- **Quantification** : pour coder sur N bits les échantillons prélevés.

La chaîne de restitution du signal analogique est beaucoup plus simple :

- **Bloqueur** : pour maintenir la valeur d'un échantillon pendant une période d'échantillonnage.
- **Filtrage moyennneur** : pour lisser le signal obtenu.

Une partie de ce traitement est réalisée par des composants électroniques situés sur la carte de numérisation (écrêtage, filtrage, échantillonnage). La quantification est souvent pilotée par logiciel afin d'ajouter de la **compression sur les données numériques**. Nous verrons dans un le prochain cours comment compresser l'information.

L'ensemble forme ce que l'on appelle **un codec** (codeur/ **d**ecodeur ) et permet d'obtenir un signal numérisé, avec un format particulier, à partir d'une source analogique.

Il existe des codecs normalisés :

- Codec PCM (64 Kbits/s) G711 IUT-T.
- Codec AD-PCM (16 à 64 Kbits/s) G721 G722 G726 G727 IUT-T. codage sur 2 à 8 bits.
- Codec G723 codage de la parole à 5,3 kps et 6,3 kps. Adopter par les industriels (microsoft, Sony, Intel, Creative labs, Netspeak, VDOLive ...)
- G728 compression à 16 kps de la parole LD-CELP ( Low Delay Code Excited Linear Prediction ).
- GSM 06.10 standard de l'ETSI compression à 13 kps avec le RPE-LTP ( Regular Pulse Excitation Long Term Predictor ).
- H323 et H261, codec video pour un format CIF ( Common Intermediate Format) 288 lignes et 352 points et QCIF ( Quarter CIF).

Et des codecs propriétaires :

- Truespeech pour la voix sur Internet.
- RealAudio, real video
- VoxWare avec le codec RT24 pour la parole à 2,4 kbit/s sur internet.

## Exercices d'applications

1) Pour restituer le signal analogique, il faut placer en sortie du convertisseur un filtre.

Passe-haut              passe-bas              coupe-bande              passe-bande.

2) Un signal audio de 10 secondes est échantillonné à 22000 Hz, combien d'échantillons contient le signal numérique ?.....

3) Quand une personne parle sa voix atteint la fréquence de 12kHz. A quelle fréquence en Hertz peut-on l'échantillonner ?

4) Le format 1920 lignes sur 1080 points en 25 images/seconde est un format standard pour la télévision haute définition. Quelle est la fréquence d'échantillonnage nécessaire pour numériser la luminance de ce signal ?

20,736 MHz              103,680 MHz              13,5 MHz              51,84 MHz

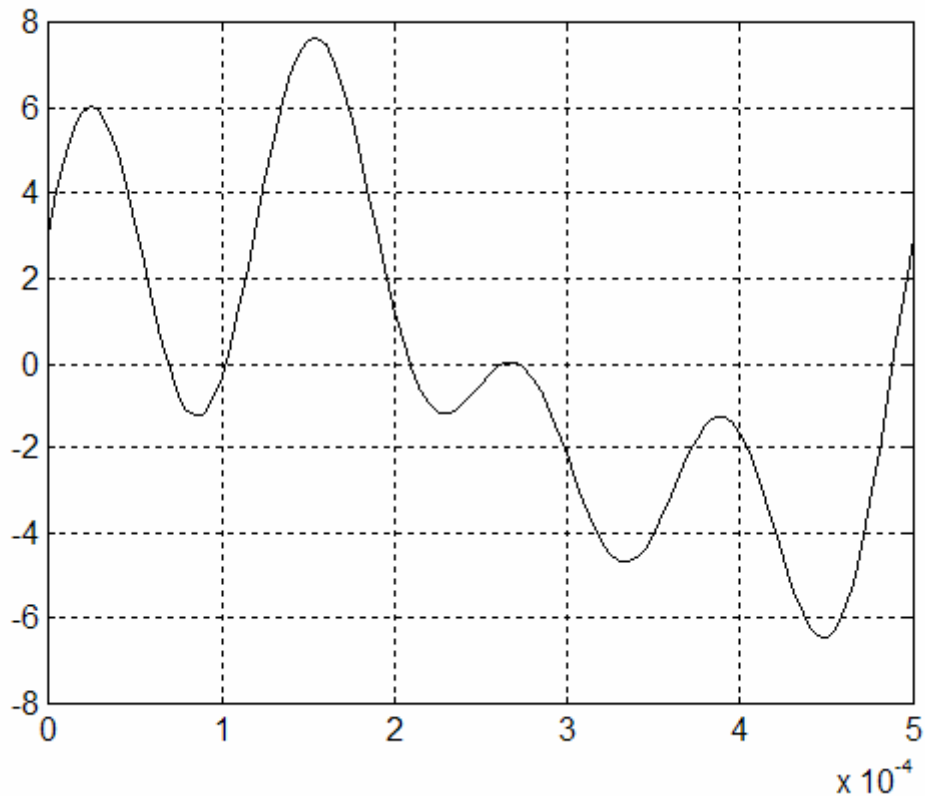
5) Le bruit de quantification est du :

- A une mauvaise fréquence d'échantillonnage.
- A une quantification sur un nombre de bits trop faible.
- A un mauvais réglage du filtre anti repliement.

- 6) Le format 1280 X 720 points en 25 images/seconde est un format standard pour la télévision haute définition, la luminance est codé en 8 bits, et un seul signal de chrominance est numérisé sur 4 bits. Quel est le débit avant compression ?
- a) 23,040 Mb/s      b) 184,32 Mb/s      c) 368,64 Mb/s      d) 276,480 Mb/s
- 7) Olivier capture sur son PC le son de sa guitare, quelle fréquence d'échantillonnage lui donnera la meilleure qualité ?
- a) 11025 Hz      b) 22050 Hz      c) 44100 Hz
- 8) Le pas de quantification c'est :
- a) La plage de tension à quantifier
- b) Le nombre de bits nécessaires pour quantifier le signal
- c) L'écart en tension entre deux combinaisons binaires
- d) Le nombre de combinaisons binaires
- 9) Un fax permet de transmettre une page A4 en noir et blanc à 2400 bits/s en prélevant 8 points/mm horizontalement et de 3,85 lignes/mm verticalement. Combien de bits sont nécessaires à la quantification d'un échantillon ?
- a) 2 bits      b) 16 bits      c) 1 bit      d) 8 bits
- 10) Avec quelle quantification le rapport signal à bruit sera t-il le meilleur ?
- a) Quantification PCM sur 8 bits      b) Quantification PCM sur 4 bits
- 11) Le rapport signal à bruit de la numérisation d'un signal augmente si :
- a) Le pas de quantification augmente      b) Le pas de quantification diminue
- 12) On souhaite transmettre un signal vidéo échantillonné à 13,5 MHz quantifié sur 24 bits, avec du son stéréo échantillonné à 44kHz et quantifié sur 16 bits. Quel est le débit nécessaire ?
- a) 324 Mb/s      b) 125,326 Mb/s      c) 324,704 Mb/s      d) 325,408 Mb/s
- 13) Un signal audio stéréo de 20 secondes est échantillonné à 44000 Hz, combien d'échantillons contient le signal numérique ?
- 14) Un signal vidéo échantillonné à 13,5 MHz au format 422, quantifie le signal de luminance sur 8 bits et les deux signaux de chrominance sur 4 bits, le débit nécessaire est donc de :
- a) 216 Mb/s      b) 108 Mb/s      c) 135 Mb/s      d) 422 Mb/s

### Exercice 1

On désire numériser le signal vocal suivant, dont l'amplitude est comprise entre -8 volts et +8 volts. Ce signal est préalablement filtré par un filtre passe bas idéal de fréquence de coupure  $f_c = 10$  kHz. La quantification est effectuée sur 8 bits.



1. Proposer une valeur pour la fréquence d'échantillonnage, et représenter les échantillons prélevés sur le signal analogique.
2. Quel est le volume du fichier correspondant à 5 secondes de ce signal ?
3. Quel est le pas de quantification ?
4. Donner les valeurs binaires des quatre premiers échantillons si la quantification est en PCM.
5. Quel gain peut on obtenir sur le volume si l'on passe maintenant à une quantification ADPCM.
6. Quelle est la valeur maximale du bruit de quantification ?

### Exercice 2 : Manipulation des codecs avec Windows

1. Récupérer sur votre ordinateur le fichier son suivant : [banjo.wav](#) (clic droit/ enregistrer la cible du lien sous ..)
2. Ouvrez le avec le magnétophone ( programmes/accessoires/magnétophone ). Quelles sont ses caractéristiques de numérisation : durée, volume, fréquence d'échantillonnage, nombre de bits de quantification ?
3. Sélectionner enregistrer sous .. et modifier le format pour obtenir une qualité radio stéréo sur le même nombre de bits de quantification. Quels sont les nouveaux paramètres ? Que pensez vous de la qualité du signal ? et si l'on quantifie sur 8 bits ?



4. A partir du signal d'origine, modifiez maintenant le format pour obtenir un signal de qualité téléphonique. Quels sont les nouveaux paramètres ? Que pensez vous de la qualité du signal ?
5. Quelles sont les nouvelles performance du format CCITT A-law avec les même paramètres que le signal de qualité téléphonique ?
6. Essayez le format IMA ADPCM, quels sont les nouveaux paramètres ? Que pensez vous de la qualité du signal ?
7. Essayez un codec très bas débit du type GSM ou true Speech, quels sont les nouveaux paramètres ? Que pensez vous de la qualité du signal ?
8. Conclure

Ajouté après

### Numérisation des signaux vidéo

Le CCIR (Comité Consultatif International des Radiotélécommunications) publie en 1982 le standard CCIR-601, qui est un système de numérisation des signaux vidéo.

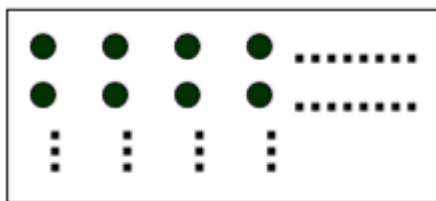
Le système se veut le plus universel possible, notamment en offrant une compatibilité avec les systèmes européens (PAL) et américains (NTSC).

### Fréquence d'échantillonnage

En particulier, la fréquence d'échantillonnage choisie est 13.5 MHz (respect du théorème de Shannon). Cette fréquence est à la fois multiple de la fréquence de ligne pour les deux systèmes précités :

$864 \times 625 \times 25 = 13.5 \text{ MHz} = 858 \times 525 \times 29.97$  (pour des raisons de battement avec leur porteuse son de 4.5 MHz, les américains sont passés de 30 à 29.97 images par seconde).

La conséquence du choix de la fréquence d'échantillonnage du signal vidéo composite, ou de chaque signal composant (r,g,b) ou (Y, Cr, Cb), est que d'une ligne à l'autre la position horizontale des « pixels » échantillonnés est exactement identique : on obtient donc une grille rectangulaire de pixels (orthogonal sampling).



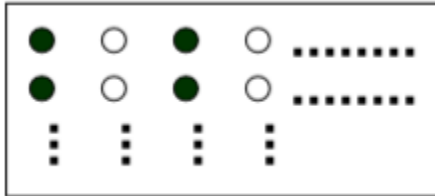
orthogonal sampling

### Système numérique composant

Lorsque chaque composante du signal est échantillonnée à la même fréquence (13.5 MHz), on parle de format numérique (4 : 4 : 4).

Le taux d'information correspondant (bitrate) est de :  $3 \text{ signaux} * 13.5 \text{ MHz} * 8 \text{ bits/éch.} = 324 \text{ Mbits/s}$ .

Le standard CCIR-601 (1982) permet d'économiser un tiers de ce bitrate en ne codant qu'un pixel sur deux dans le sens horizontal, et ce pour les composantes de chrominance uniquement. Dans la figure suivante, seuls les pixels noirs sont codés en chrominance. On parle alors de format numérique (4 : 2 : 2).



La qualité de l'image codée reste sensiblement la même, car la résolution de notre système visuel est moins fine pour la chrominance que pour la luminance.

Le nouveau bitrate est de : -  $13.5 \text{ MHz} * 8 \text{ bits/échantillon}$  pour la luminance Y, - la moitié pour Cb, - et la moitié pour Cr, soit au total 216 Mbits/s.

Parmi ces bits, seule une partie correspond à des informations « visibles » sur l'écran : ainsi, seules 576 lignes sur les 625 (en Europe) correspondent à des pixels visibles. De même, 720 pixels sur les 864 dans le sens horizontal.

Le bitrate effectif (actif, visible) est donc de  $720 * 576 * 25 * 8 = 83 \text{ Mbits/s}$  pour la luminance et 83 Mbits/s pour la chrominance, soit au total 166 Mbits/s dans le format (4 : 2 : 2).

Ce taux d'information est beaucoup trop élevé pour des applications grand public, ce qui nécessite l'emploi d'algorithmes de compression normalisés.

## Notes

- il existe aussi un format (4 : 2 : 0), dans lequel la chrominance n'est codée qu'un pixel sur deux dans le sens horizontal et dans le sens vertical de l'image ; - l'avantage d'un système composant (par rapport à un système composite) est la possibilité d'éditer les composantes (r,g,b) sans devoir démoduler le signal pour en extraire la chrominance. Un autre avantage est la compatibilité immédiate des systèmes américain et européen.

**Dominique PRESENT I.U.T. de Marne la Vallée** pour le suivant

## Numérisation du signal vidéo

### • Balayage

| type                 | NTSC                   | PAL/SECAM              |
|----------------------|------------------------|------------------------|
| Nb de lignes         | 525 entrelacées        | 625 entrelacées        |
| F frame (Hz)         | 59,94                  | 50                     |
| F ligne (kHz)        | 15,734                 | 15,625                 |
| Bande passante (MHz) | 4,2                    | 5                      |
| Modulation           | Vidéo négative, son FM | Vidéo négative, son FM |

### • Couleur

|                   |  |
|-------------------|--|
| Luminance         | $Y = 0,587V + 0,299R + 0,114B$           |
| Chrominance bleu  | $C_b = 0,504 (B-Y)$ ou $U = 0,493 (B-Y)$ |
| Chrominance rouge | $C_r = 0,713 (R-Y)$ ou $V = 0,877 (R-Y)$ |

### • Numérisation :

- Echantillonnage à 13,5MHz ;
- Echantillons par ligne 720 ;
- Dimension d'un échantillon de 8bits à 10bits ;
- Nombre de lignes 525 ou 625.

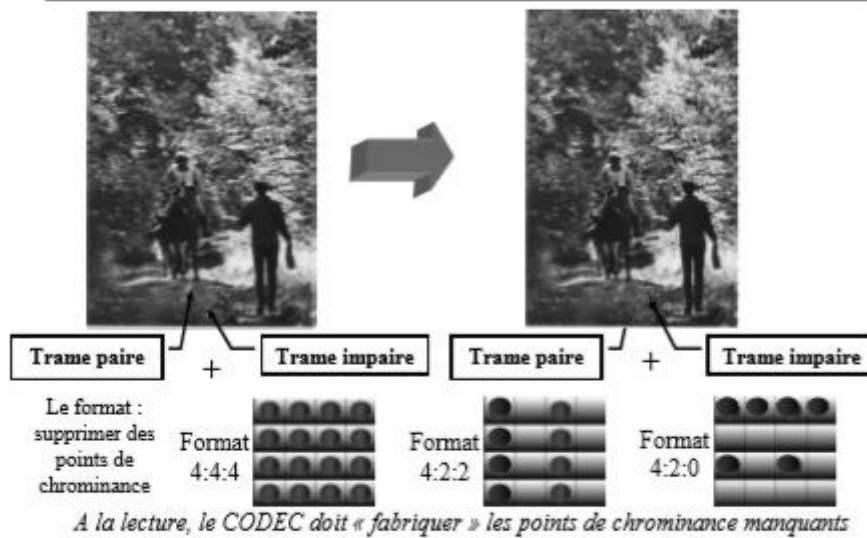
### • Débit brut : $8 \times 3 \times 13,5 \times 6 = 324 \text{ Mb/s}$ $\Rightarrow$ il faut compresser

IUT Marne la Vallée

vidéo numérique

© D. Présent

## Le format d'image réduit la chrominance



IUT Marne la Vallée

vidéo numérique

© D. Présent

## Les normes : stockage ou communication

---

### SIF (Source Intermediate Format)

- ISO 11172 (codage des signaux vidéo et audio pour stockages à 1,5Mb/s) :
  - Résolution luminance de 360x240 à une  $F_{image}$  de 29,97Hz en 525 lignes ;
  - Résolution luminance de 360x288 à une  $F_{image}$  de 25Hz en 625 lignes ;
  - Format 4 :2 :0.
- Remarques :
  - Résolution proche de celle d'un magnétoscope VHS ;
  - Format de base du codage MPEG-1.

### CIF (Common Intermediate format)

- Normes H261 et H263 (International Union for Telecommunication) - Standard de codage des signaux vidéo pour des services audiovisuels à Px64Kb/s
  - Résolution luminance de 360x288 à  $F_{image}$  de 29,97Hz ;
  - Format 4 :2 :0.

### QCIF (Common Intermediate format)

- Résolution luminance 180x144 à  $F_{image}$  sous-multiple de 29,94Hz ;
- Format 4 :2 :0.

## Formats MPEG

---

Le groupe de l'ISO dénommé MPEG (Moving Pictures Experts Group) a conduit à 2 normes :

- ISO 11172 (1993) pour le codage et la transmission des signaux audio-vidéo pour un stockage sur des supports à environ 1,5Mb/s :
  - ISO 11172-1 définit la structure du multiplexage des signaux ;
  - ISO 11172-2 définit le codage vidéo MPEG-1 ;
  - ISO 11172-3 définit le codage audio MPEG-1.
- ISO 13818 (1995) pour le codage et la transmission des signaux audio-vidéo pour la diffusion par satellite, câble ou réseau terrestre :
  - ISO 13818-1 définit la structure du multiplexage ;
  - ISO 13818-2 définit les résolutions et le codage vidéo MPEG-2 ;
  - ISO 13818-3 définit le codage audio MPEG-2.