

# Formats de fichiers audiovisuels

Reto Kromer • AV Preservation by reto.ch

Atelier FFmpeg avancé  
**Analyser et transformer  
des fichiers audiovisuels**  
Memoriav, Online, 21 mai 2021

1

## Audio numérique

## Table des matières

- audio numérique et vidéo numérique
- conteneur, codec, «raw data»
- différents formats pour différentes utilisations
- transformation de fichiers audiovisuels

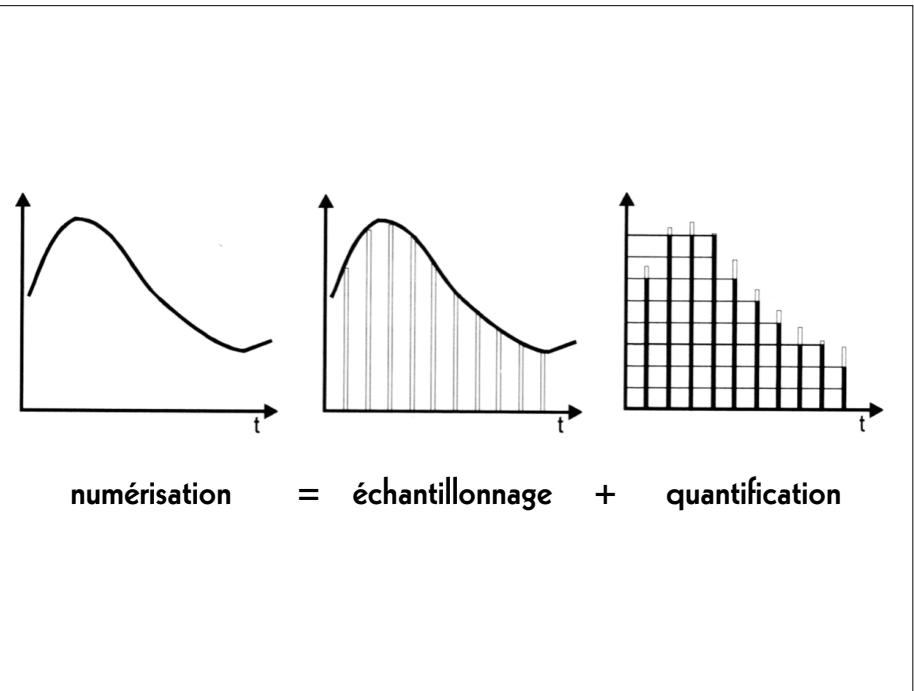
2

## Audio numérique

- échantillonnage
- quantification

3

4



5

## Quantification

- 16 bit ( $2^{16} = 65\,536$ )
- 24 bit ( $2^{24} = 16\,777\,216$ )
- 32 bit ( $2^{32} = 4\,294\,967\,296$ )

7

## Échantillonnage

- 44.1 kHz
- 48 kHz
- 96 kHz
- 192 kHz
- 500 kHz

6

## Vidéo numérique

8

## Vidéo numérique

- définition
- profondeur de couleurs
- codage linéaire, exponentiel, logarithmique
- espace colorimétrique
- sous-échantillonnage
- illuminant

9

## Profondeur de couleurs

- 8 bit ( $2^8 = 256$ )
- 10 bit ( $2^{10} = 1\,024$ )
- 12 bit ( $2^{12} = 4\,096$ )
- 16 bit ( $2^{16} = 65\,536$ )
- 24 bit ( $2^{24} = 16\,777\,216$ )

11

## Définition

- SD 480i / SD 576i
- HD 720p / HD 1080i
- 2K / HD 1080p
- 4K / UHD-1
- 8K / UHD-2

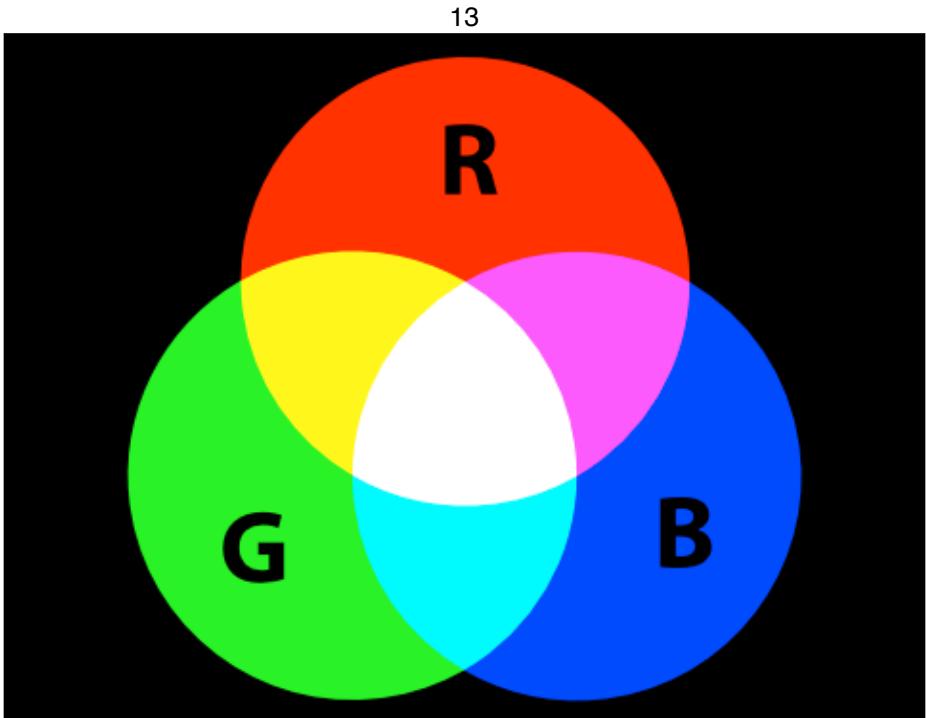
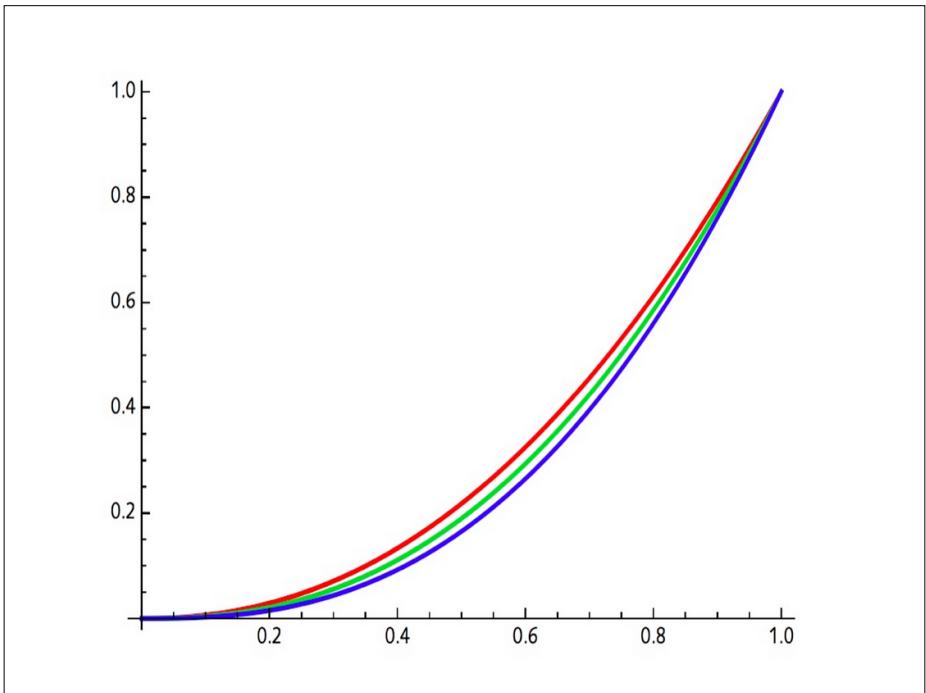
10

## Codage linéaire, exponentiel, logarithmique

«gris moyen»

- fonction linéaire: 18%
- fonction exponentielle: 50%
- fonction logarithmique: 50%

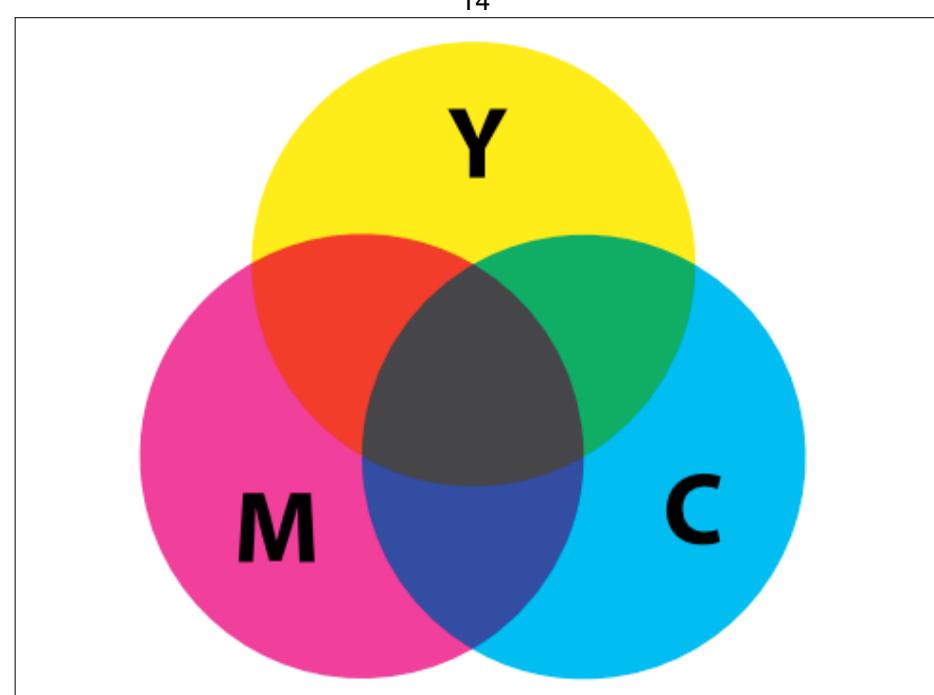
12



15

## Espace colorimétrique

- XYZ, L<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup>
- RGB / R'G'B' / CMY / C'M'Y'
- Y'IQ / Y'UV / Y'D<sub>B</sub>D<sub>R</sub>
- Y'C<sub>B</sub>C<sub>R</sub> / Y'C<sub>O</sub>C<sub>G</sub>
- Y'P<sub>B</sub>P<sub>R</sub>



16

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1.396523 \\ 1 & -0.342793 & -0.711348 \\ 1 & 1.765078 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y' \\ C_B \\ C_R \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} Y' \\ C_B \\ C_R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.168074 & -0.329965 & 0.498039 \\ 0.498039 & -0.417947 & -0.080992 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix}$$

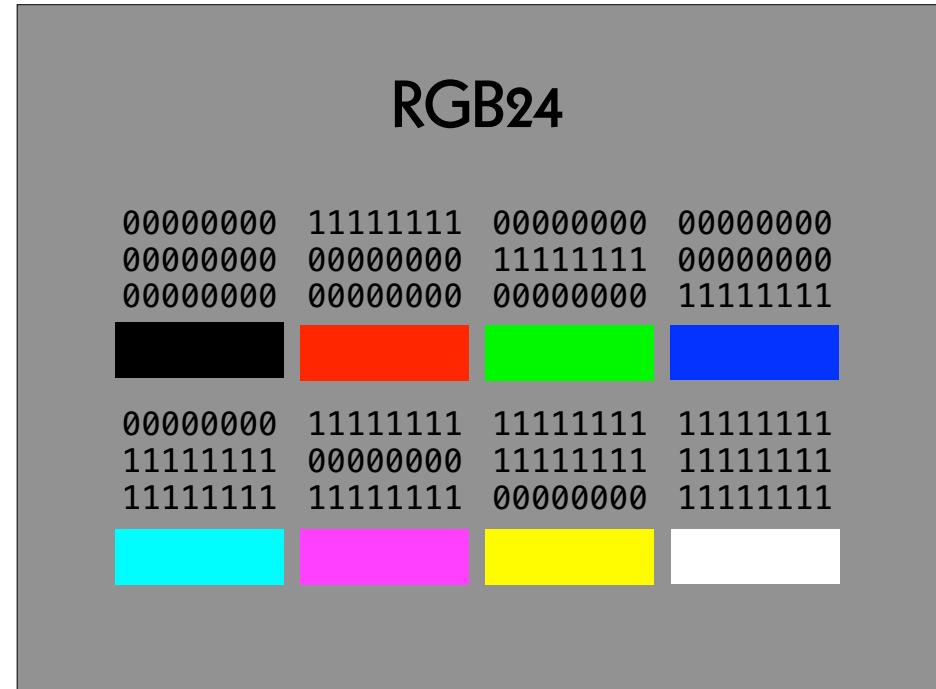


19

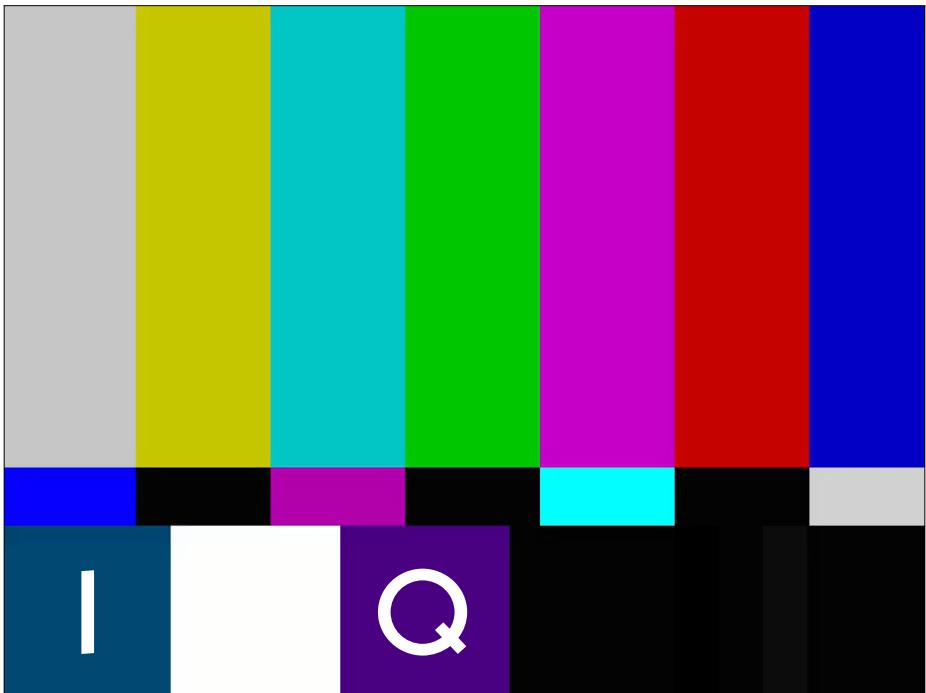
$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y' \\ C_O \\ C_G \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} Y' \\ C_O \\ C_G \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{2} & 0 & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{4} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix}$$

18



20



21

## Non compressé

- + données plus faciles à traiter
- + logiciels plus rapides à exécuter
- fichiers plus lourds
- fichiers plus lents à écrire, lire et transmettre

Exemples: TIFF, DPX, DNG, OpenEXR

23

## Compression

- non compressé
- compressé sans perte
- compressé avec perte
- sous-échantillonnage
- compressé à la création

22

## Compressé sans perte

- + fichiers plus légers
- + plus rapides à lire, écrire, transmettre
- données plus complexes à traiter
- logiciels plus longs à exécuter

Exemples: JPEG 2000, FFV1

24

## Compressé avec perte

- optimisé pour l'acquisition et/ou pour la postproduction
- optimisé pour la diffusion

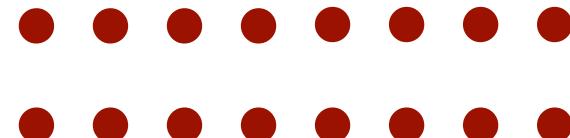
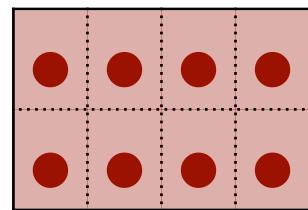
Exemples (mezzanine): ProRes 422, ProRes 4444; DNxHD, DNxHR

Exemples (distribution): H.264 (AVC), H.265 (HEVC), H.266 (VVC); AV1

25

**4:4:4**

4  
4



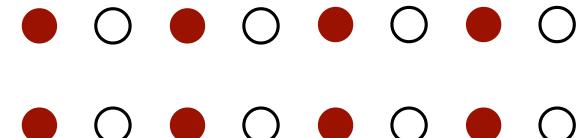
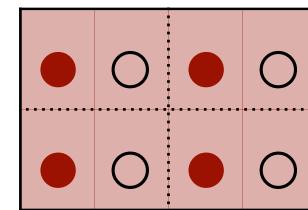
## Sous-échantillonnage

- 4:4:4
- 4:2:2
- 4:2:0 / 4:1:1

26

**4:2:2**

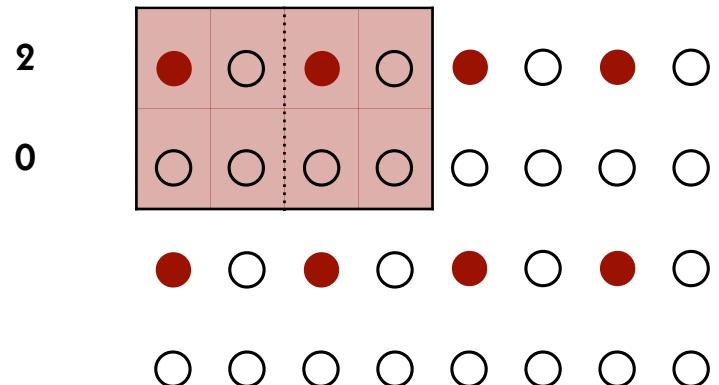
2  
2



27

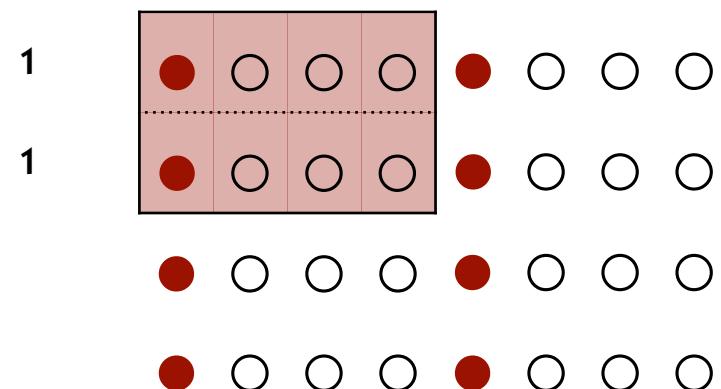
28

## 4:2:0



29

## 4:1:1



30

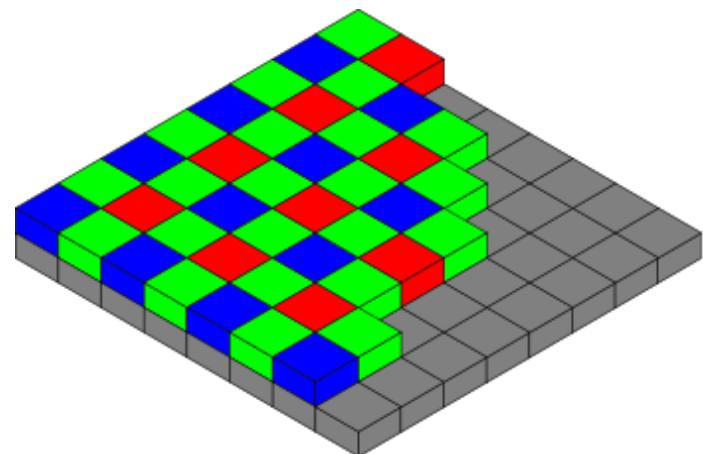
## Compressé à la création

- optimisé tant pour l'acquisition que pour la postproduction

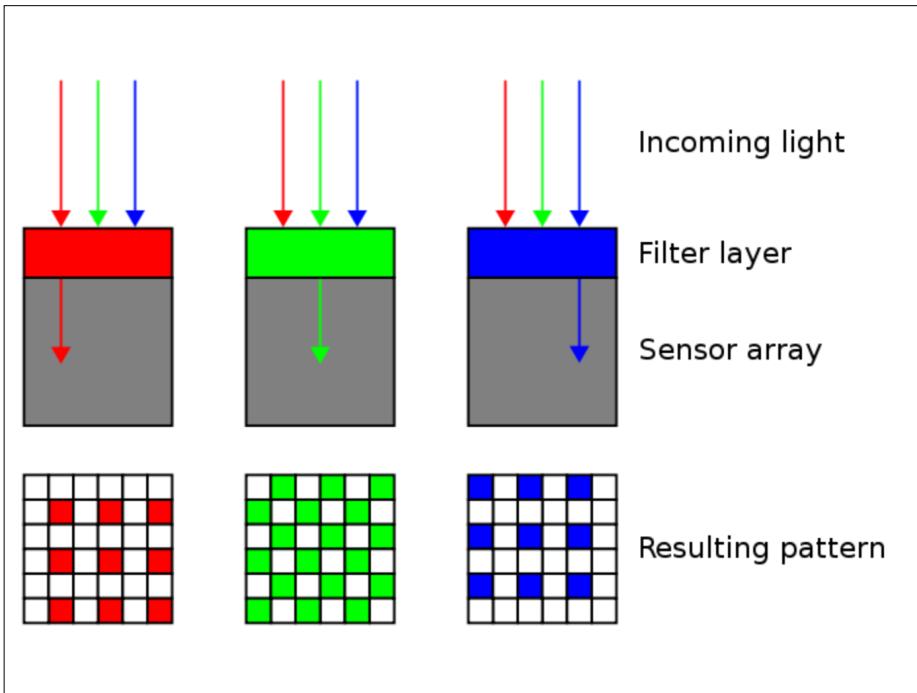
Exemples: CineForm RAW, ProRes RAW,  
Blackmagic RAW

31

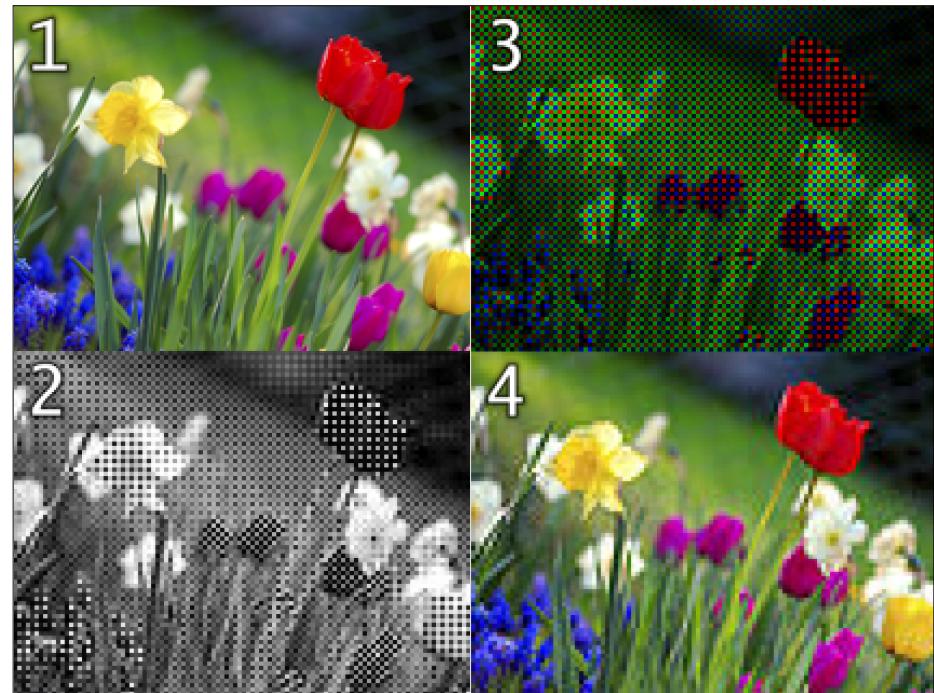
## Bayer



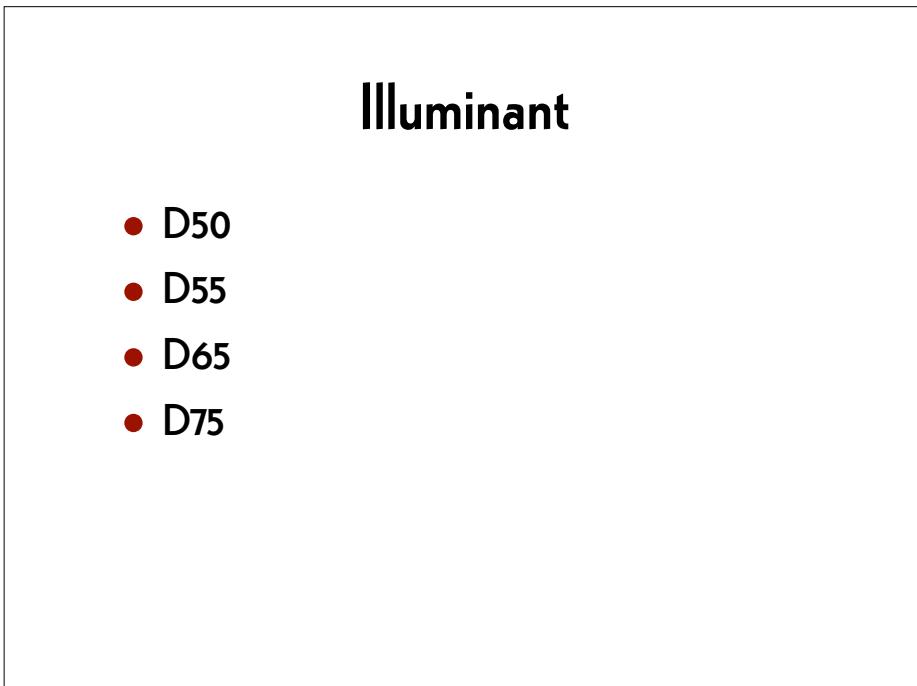
32



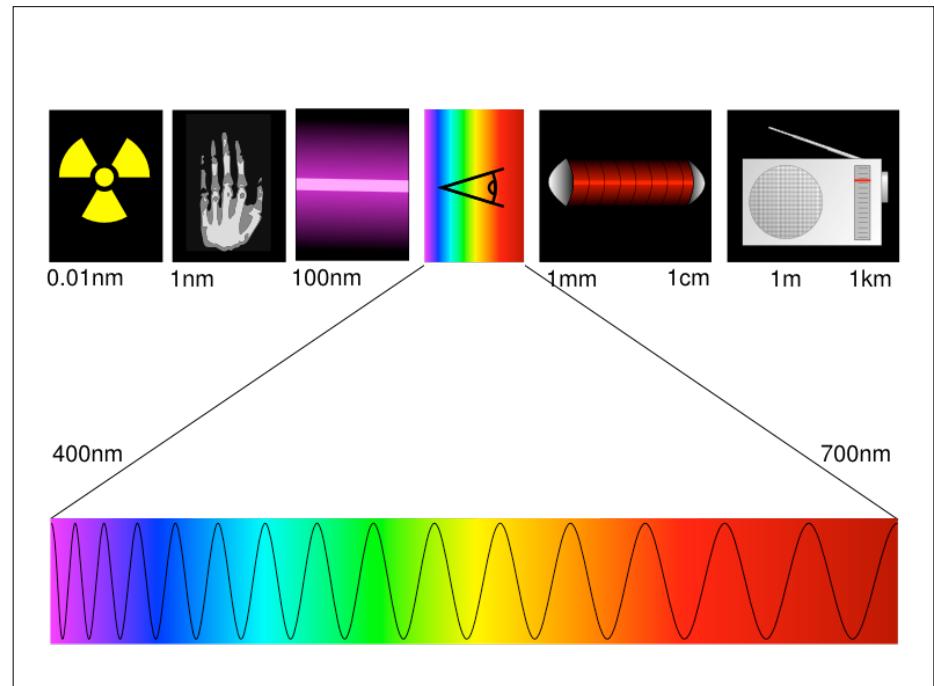
33



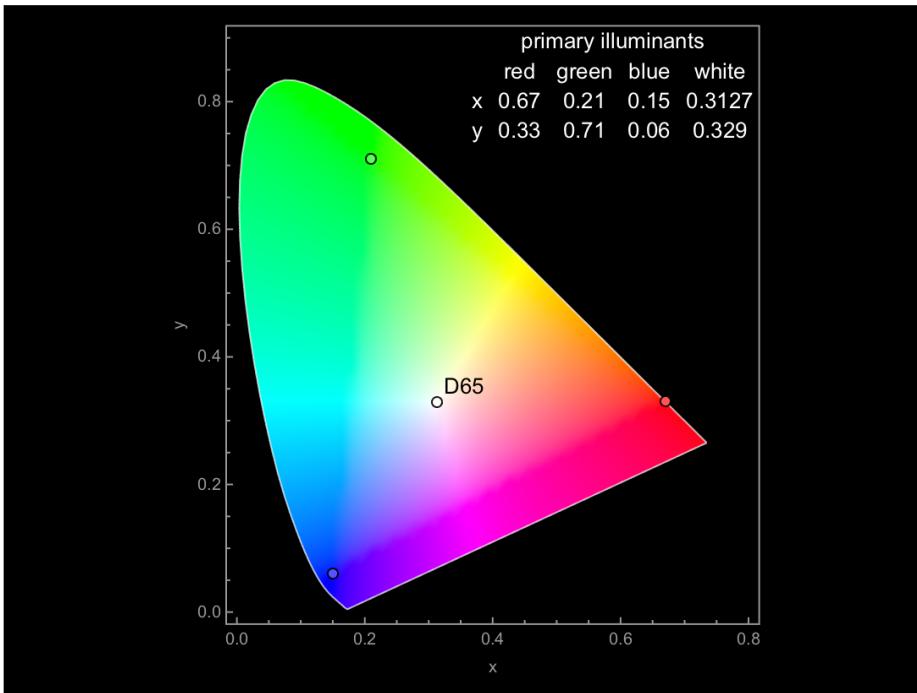
34



35



36



37

```

0111010100101010100010110101011110
01001101010101010100001011101010
0111010100101010100010110101011110
0001110101010101010100001011101010
01101010100101010100010110101011110
0010101010101010000101110101010000
0111010100101010100010110101011110
0101010101010100001011101010100110
100101110101001010101000101101010101
1110010101010101010000101110101010
0111010100101010100010110101011110
0101010101010100110101010100000001
001010001010101010100101010101010101

```

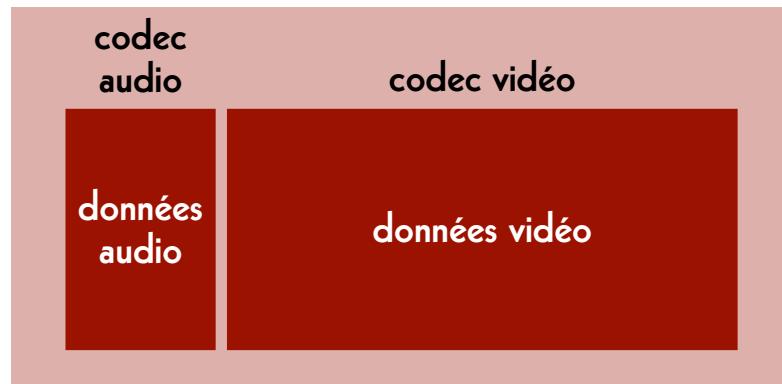
39

# Structure des fichiers

38

## Structure des fichiers

conteneur multimédia



40

## Conteneur multimédia

- MP4
- MOV
- AVI
- MXF
- Matroska (.mkv)
- Flash

41

## Images individuelles

- dossier
- TAR
- ZIP
- MXF
- Matroska (.mkv)
- CinemaDNG

42

## Codec audio

- WAVE
- BWF
- AAC
- MP3
- FLAC

43

## Codec vidéo (master)

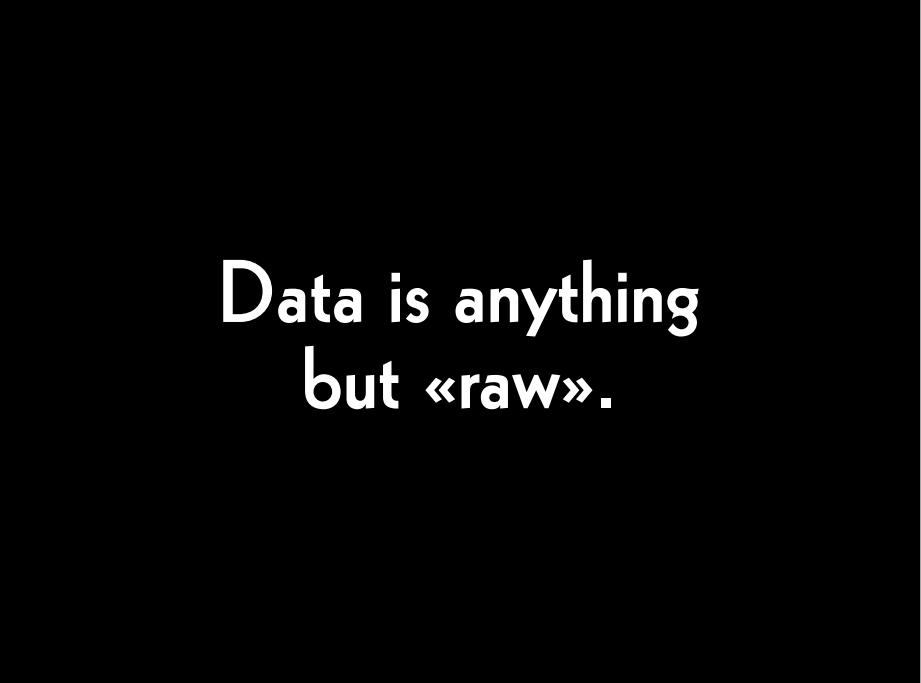
- | <b>images</b> | <b>vidéo</b> |
|---------------|--------------|
| ● TIFF        | ● 8 bit raw  |
| ● DPX         | ● 10 bit raw |
| ● JPEG 2000   | ● HuffYUV    |
| ● OpenEXR     | ● FFV1       |
| ● DNG         |              |

44

## Codec vidéo (mezzanine)

- ProRes 422, ProRes 4444, ProRes RAW
- DNxHD, DNxHR
- CineForm RAW
- Blackmagic RAW

45



Data is anything  
but «raw».

47

## Codec vidéo (accès)

- H.264 (AVC), H.265 (HEVC), H.266 (VVC)
- AV1

46

## Données audio

- pcm\_s16le
- pcm\_s24le
- pcm\_s32le

48

## Données vidéo

- `rgb48le`
- `rgb24`
- `rgb72le`
- `bayer_bggr16le`
- `bayer_bggr24le`
- `yuv444p16le`
- `yuv422p10le`
- `uyvy422`
- `yuv420p`
- `yuv444p24le`

49

# Formats de fichiers

51

## Que contient mon DPX?

- `log neg encoding`
- `log RGB encoding or quasi-log encoding`
- `gamma encoding or power function encoding`
- `scene-linear encoding`

50

## Principes

- **Une archive doit être capable de traiter les formats de fichiers qu'elle possède.**
  - `open source`
  - simple à utiliser et bien documenté
  - largement utilisé par la communauté

52

## Différents formats pour différentes utilisations

master d'archivage

- pour la préservation et l'archivage

formats mezzanine

- pour le montage et la postproduction

formats de distribution

- pour la diffusion et l'accès

53

## Master d'archivage (actuel)

film

- dossier, TIFF, 2K, RGB, 4:4:4, 16 bit
- MXF, DPX, 2K, R'G'B', 4:4:4, 10 bit

vidéo

- AVI, «raw», HD, Y'C<sub>B</sub>C<sub>R</sub>, 4:2:2, 10 bit
- Matroska, FFV1, HD, Y'C<sub>B</sub>C<sub>R</sub>, 4:2:2, 10 bit

audio

- BWF, 96 kHz, 24 bit
- FLAC, 96 kHz, 24 bit

55

Elena Rossi-Snook:

Archiving without access  
isn't preservation,  
it's hoarding.

54

## Formats mezzanine (actuel)

vidéo

- ProRes 4444, 2K
- DNxHR, 2K
- ProRes 422 HQ, HD
- DNxHD 175x, HD

audio

- BWF, 48 kHz, 24 bit
- WAVE, 48 kHz, 24 bit

56

## Formats de distribution (actuel)

### MP4

#### vidéo

- H.264, SD, yuv420p, «lossy»
- H.264, HD, yuv420p, «lossy»

#### audio

- AAC, 44.1 kHz, 16 bit
- AAC, 48 kHz, 16 bit

57

## Formats de distribution

### WebM (un sous-ensemble de Matroska)

#### vidéo

- H.265, «HD», yuv420p
- H.266, «HD», yuv420p
- AV1, «HD», yuv420p

#### audio

- FLAC, 48 kHz, 16 bit

59

## Master d'archive et mezzanine

### film

- Matroska, FFV1, 2K, RGB, 4:4:4, 16 bit

### vidéo

- Matroska, FFV1, HD, Y'C<sub>B</sub>C<sub>R</sub>, 4:2:2, 10 bit

### audio

- Matroska, FLAC, 96 kHz, 24 bit

58

## Bibliographie

Reto Kromer: **Matroska and FFV1: One File Format for Film and Video Archiving?**,  
in «Journal of Film Preservation», n° 96 (avril 2017), FIAF, Bruxelles, Belgique, p. 41–45

→ [https://retokromer.ch/publications/JFP\\_96.html](https://retokromer.ch/publications/JFP_96.html)

60

# Avantages et inconvenients

61

	avantages	inconvénients
<b>TIFF DPX OpenEXR</b>	traitement plus simple	fichiers plus lourds
<b>JPEG 2000 FFV1</b>	fichiers plus légers	traitement plus complexe

63

## conteneur:

- dossier
- TAR
- ZIP
- MXF
- Matroska

## codec:

- TIFF
- DPX
- JPEG 2000
- FFV1
- OpenEXR
- CineForm RAW
- ProRes RAW
- Blackmagic RAW

62

# Transformations

64

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.140251 \\ 1 & -0.393931 & -0.580809 \\ 1 & 2.028398 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y'_{601} \\ U \\ V \end{bmatrix}$$

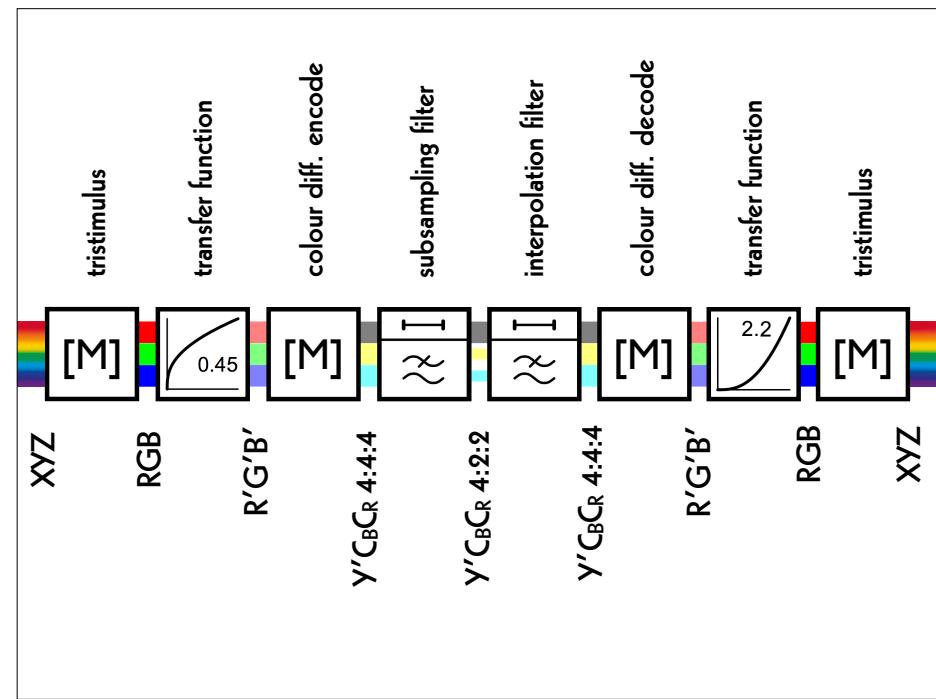
$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956295 & 0.621025 \\ 1 & -0.272558 & -0.646709 \\ 1 & -1.104744 & 1.701157 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y'_{601} \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

65

## Transformations de fichiers

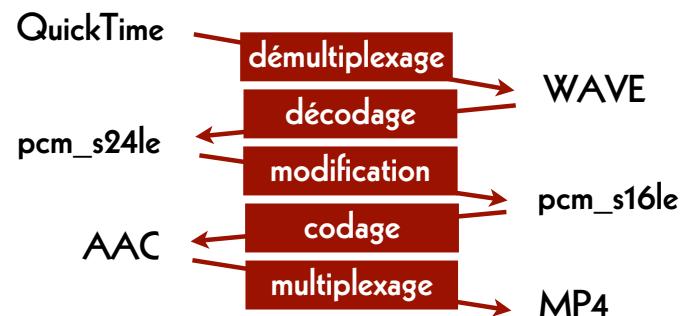
démultiplexage  
décodage  
modification  
codage  
multiplexage

67



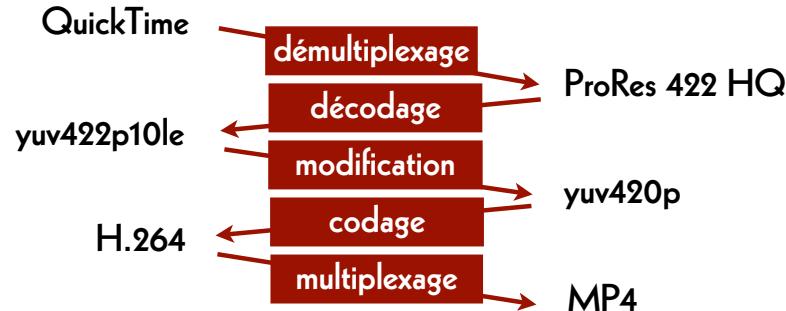
66

## Exemple: audio



68

## Exemple: vidéo



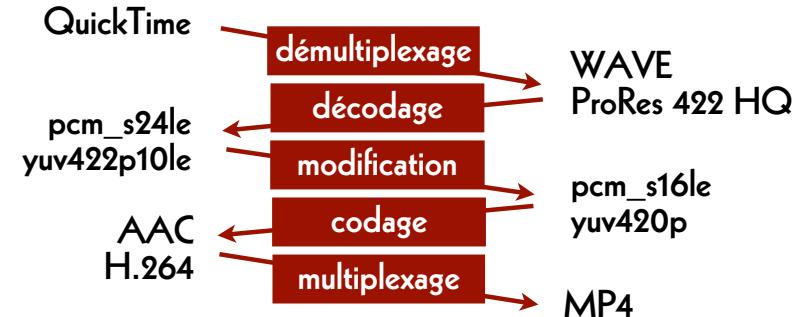
69

## Remerciements

- École polytechnique fédérale
- Massachusetts Institute of Technology
- Kinemathek Lichtspiel, Bern
  
- Charles Poynton
- Dave Rice & Misty De Meo
- Agathe Jarczyk & David Pfluger

71

## Exemple: audiovisuel



70

## AV Preservation by reto.ch

zone industrielle Le Trési 3  
1028 Préverenges  
Switzerland

Web: [reto.ch](http://reto.ch)  
Twitter: @retoch  
Email: [info@reto.ch](mailto:info@reto.ch)



72