

Cours d'initiation à FFmpeg

Reto Kromer, Eléonore Bernard und Kamilla Ødegård
AV Preservation by reto.ch und Ødegård & Bernard Restaurierung
Berne, le 7 février 2025

1

Déroulement du cours

- Objectifs du cours
- Introduction à FFmpeg avec des exemples
- Introduction aux fichiers audiovisuels
- Introduction au terminal avec des exemples d'application
- Avantages et inconvénients de FFmpeg avec exemples d'application

- Propriétés des fichiers
- Application pratique en groupe
- Ressources
- Discussion finale

2

Objectifs du cours

- Comprendre les avantages et inconvénients de FFmpeg
- Pourquoi la compréhension des fichiers est-elle importante pour l'utilisation de FFmpeg?
- Découvrir les possibilités d'application de FFmpeg dans la préservation de fichiers audiovisuels
- Connaître, comprendre et utiliser les commandes FFmpeg

3

Introduction à FFmpeg

Reto Kromer, Eléonore Bernard und Kamilla Ødegård
AV Preservation by reto.ch und Ødegård & Bernard Restaurierung
Berne, le 7 février 2025

4

Qu'est-ce que FFmpeg ?

« A complete, cross-platform solution to record, convert and stream audio and video. » - www.ffmpeg.org

- Programme utilisé via la ligne de commande
- FFmpeg est un logiciel qui permet de décoder, d'encoder, de transcoder, de muxer, de démuxer, de diffuser et de lire presque tous les fichiers AV
- FFmpeg peut être utilisé sur tous les systèmes d'exploitation courants
- Il existe de nombreux programmes basés sur FFmpeg (par exemple VLC, QCTools, vrecord)

5

Applications de FFmpeg

- Conversion de fichiers
 - Modification du format/codec
- Modification de fichiers
 - Modification des propriétés des fichiers
 - Insertion de génériques ou de crédits
- Analyse de fichiers AV et extraction de métadonnées
- Lecture de fichiers

6

Structure des commandes FFmpeg

```
$0      $1          ${n}  
command argument_1 ... argument_n
```

Syntaxe des arguments:

```
-parameter  
-parameter value  
-p  
-p value
```

7

Syntaxe FFmpeg

```
ffmpeg  
[global_options]  
[input_options_n] -i input_file_n  
[output_options_n] output_file_n
```

```
ffprobe [input_options] input_file
```

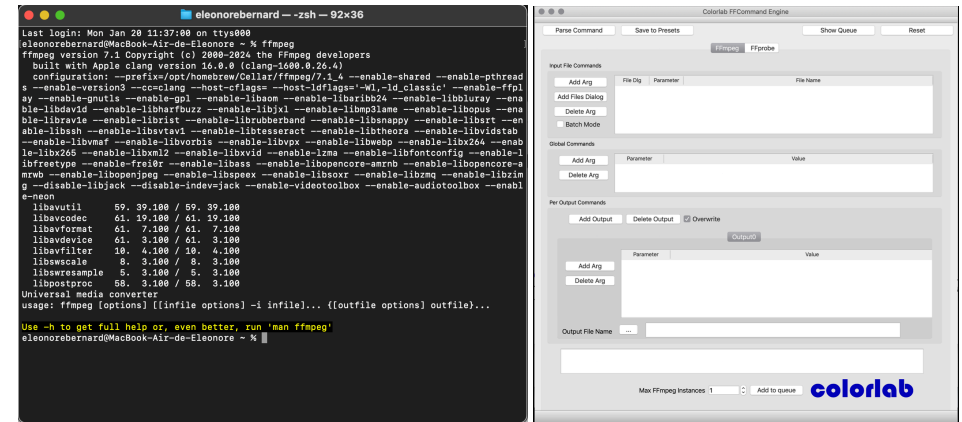
```
ffplay [input_options] input_file
```

8

Interfaces utilisateur

- ligne de commande (command-line interface, CLI)
ffmpeg (CLI)
→ ffmpeg.org
- interface graphique (graphical user interface, GUI)
FFCommand Engine (GUI)
→ github.com/ColorlabMD/FFCommand_Engine

9



capture d'écran ffmpeg

capture d'écran FFCommand Engine

10

Ressources, chercher de l'aide

FFmpeg Cookbook for Archivists
→ avpres.net/FFmpeg/

ffmprovisr
→ amiaopensource.github.io/ffmprovisr/

ffmpeg -h
ffmpeg -codecs

11

La famille FFmpeg

programmes

- ffmpeg
- ffplay
- ffprobe

bibliothèques

- libavutil
- libavcodec
- libavformat
- libavdevice
- libavfilter
- libswscale
- libswresample
- libpostproc

12

démultiplexage : libavformat

décodage : libavcodec

modification : libavfilter

codage : libavcodec

multiplexage : libavformat

13

Programmes basés sur FFmpeg

Lecteurs multimédia

- FFplay (CLI)
→ ffmpeg.org
- MPV (GUI, CLI)
→ mpv.io
- VLC (GUI)
→ www.videolan.org/vlc
- Gridplayer (GUI)
→ <https://github.com/vzhd1701/gridplayer>

Outils d'analyse

- FFprobe (CLI)
- MediaInfo (GUI, CLI)
- QCTools

Logiciel de numérisation

- vrecord

14

Ligne de commande

Introduction à FFmpeg
Berne, le 7 février 2025

15

Qu'est-ce que la ligne de commande?

- Interface utilisateur
→ ligne de commande (CLI: command-line interface)
→ interface utilisateur graphique (GUI: graphical user interface)
- Où trouver la ligne de commande ?
→ Linux: « Terminal »
→ Mac OS X: « Terminal »
→ Microsoft Windows: « Invite de commande »
- Les *commandes* peuvent varier selon le système d'exploitation
- Les *commandes* doivent être saisies correctement

16

Commandes de base

- Définir le dossier de travail (change directory)
 - Mac/Linux/Windows: `cd Desktop`
 - Windows avec Onedrive: `cd OneDrive Desktop`
- Se déplacer dans le dossier au-dessus
 - Mac/Linux/Windows: `cd ..`
- Afficher le dossier de travail (print working directory)
 - Mac/Linux: `pwd`
 - Windows: `ch` ou `chdir`

17

Commandes de base

- Afficher le contenu du dossier (list)
 - `ls`
- Afficher une liste plus détaillée du contenu (y compris fichiers cachés)
 - `ls -la`
- Créer un nouveau dossier
 - Mac/Linux: `mkdir <folder name or full path>`
 - Windows: `md <folder name or full path>`

18

Caractères importants à saisir

- Mac OS X (attention : peut varier selon le clavier)
 - ~ Tilde → combinaison de touches : `option + N`
 - \ Backslash → combinaison de touches : `alt / option + shift + 7`
- Windows (attention : peut varier selon le clavier)
 - ~ Tilde → combinaison de touches : `alt + N`
 - \ Backslash → combinaison de touches : `alt + 9 + 2 / option + shift + 7`

19

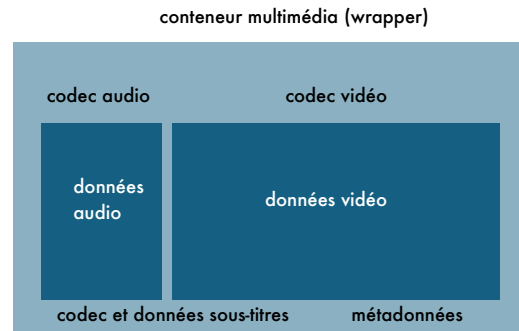
Fichiers AV

Introduction à FFmpeg
Berne, le 7 février 2025

20

Structure des fichiers

- conteneur multimédia (wrapper)
- codec audio
- données audio
- codec vidéo
- données vidéo



21

Compression

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

22

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

Compressé sans perte

- + fichiers plus légers
- + plus rapides à lire, écrire, transmettre
- données plus complexes à traiter
- logiciels plus lents 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 (diffusion) :

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

25

Compressé à la création

→ optimisé à la fois pour la capture et la post-production

Exemples : CineForm RAW, ProRes RAW, Blackmagic RAW

26

Principes importants

Une archive doit pouvoir gérer et manipuler ses fichiers !

- formats et logiciels open source
- simple à utiliser et bien documenté
- largement utilisé par la communauté

27

Formats

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

28

Master d'archivage (actuel)

images individuelles (« film »)

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

flux d'images (« vidéo »)

- AVI, non compressé, HD, Y'CbCr, 4:2:2, 10 bit
- MOV, non compressé, HD, Y'CbCr, 4:2:2, 10 bit
- Matroska, FFV1, HD, Y'CbCr, 4:2:2, 10 bit

audio

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

29

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

30

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

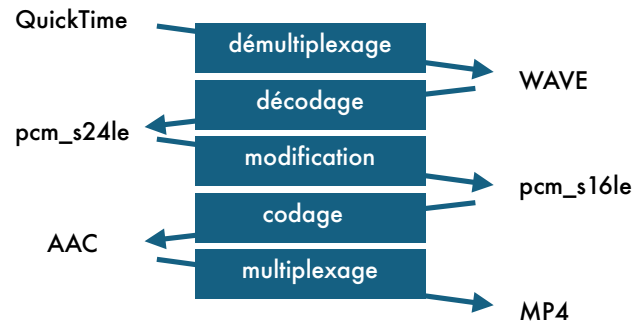
31

Conversion de fichiers

- démultiplexage
- décodage
- modification
- codage
- multiplexage

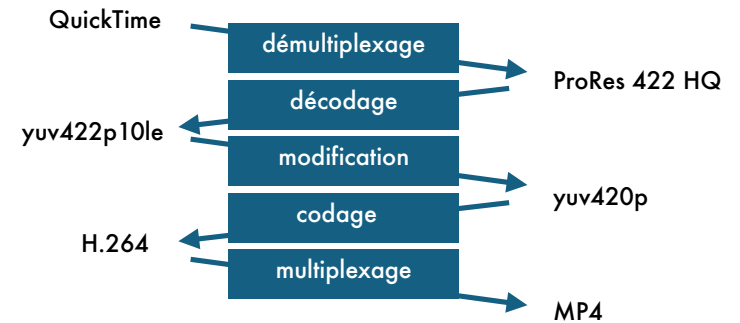
32

Exemple : audio



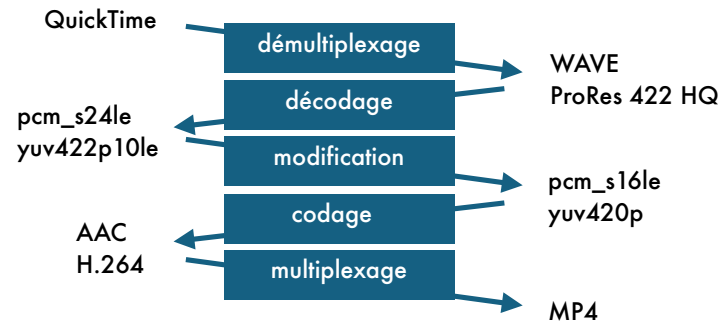
33

Exemple : vidéo



34

Exemple : image et son



35

Avantages et inconvénients

Introduction à FFmpeg
Berne, le 7 février 2025

36

Avantages

- FFmpeg peut gérer une grande diversité de fichiers
- possibilité de traiter en masse → scripts
- solutions sur mesure → non limité par les préférences d'un programme
- programme polyvalent et puissant
- vitesse de traitement
- largement utilisé et bien établi dans le domaine de l'archivage
- les commandes FFmpeg peuvent être implémentés dans certains GUIs

37

Inconvénients

- moins facile à utiliser qu'un logiciel GUI
- risque d'erreur en cas d'ignorance ou de faute de frappe
- risques liés à l'utilisation de la ligne de commande (CLI)

- programme polyvalent et puissant...
 - grande diversités de commandes
 - il faut bien connaître les commandes et les flags
 - ou pouvoir se fier aux sources !

38

FFmpeg exemples d'application

Introduction à FFmpeg
Berne, le 7 février 2025

39

Premiers exercices

- générer un fichier vidéo
- lire le fichier vidéo
- générer un fichier audio
- lire le fichier audio
- fusionner les fichiers

40

Générer un fichier vidéo

```
ffmpeg  
-lavfi mandelbrot  
-t 10  
-c:v rawvideo  
-pix_fmt uyvy422  
mandelbrot.avi
```

41

Lire un fichier vidéo

```
ffplay  
mandelbrot.avi
```

42

Générer un fichier audio

```
ffmpeg  
-f lavfi -i "sine=frequency=440"  
-t 10  
-c:a pcm_s16le  
-ar 48k  
-ac 2  
la.wav
```

43

Lire un fichier audio

```
ffplay  
la.wav
```

44

Assembler les fichiers

```
ffmpeg  
-i mandelbrot.avi  
-i la.wav  
-c:v copy  
-c:a copy  
mandela.avi
```

45

Lire un fichier AV

```
ffplay  
mandela.avi
```

46

Propriétés des fichiers

Introduction à FFmpeg
Berne, le 7 février 2025

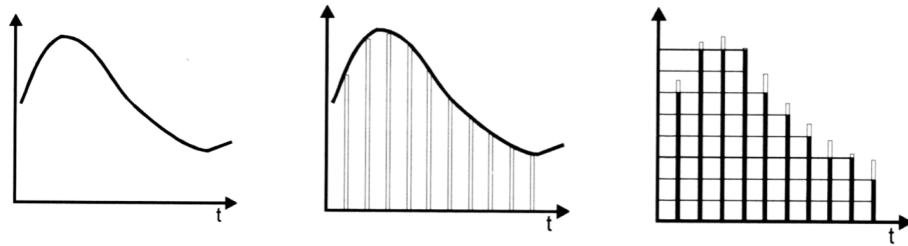
47

Audio numérique

- échantillonnage
- quantification
- compression

48

Audio numérique



numérisation = échantillonnage + quantification

Image: Agathe Jarczyk

49

Échantillonnage

- 44.1 kHz (qualité CD)
- 48 kHz
- 96 kHz (bien adapté aux masters d'archives)
- 192 kHz

50

Quantification

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

51

Vidéo numérique

- définition
- profondeur de couleurs
- linéaire, exponentielle, logarithmique
- espace colorimétrique
- compression et sous-échantillonnage
- illuminant

52

Définition

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

- Que signifient p et i ?

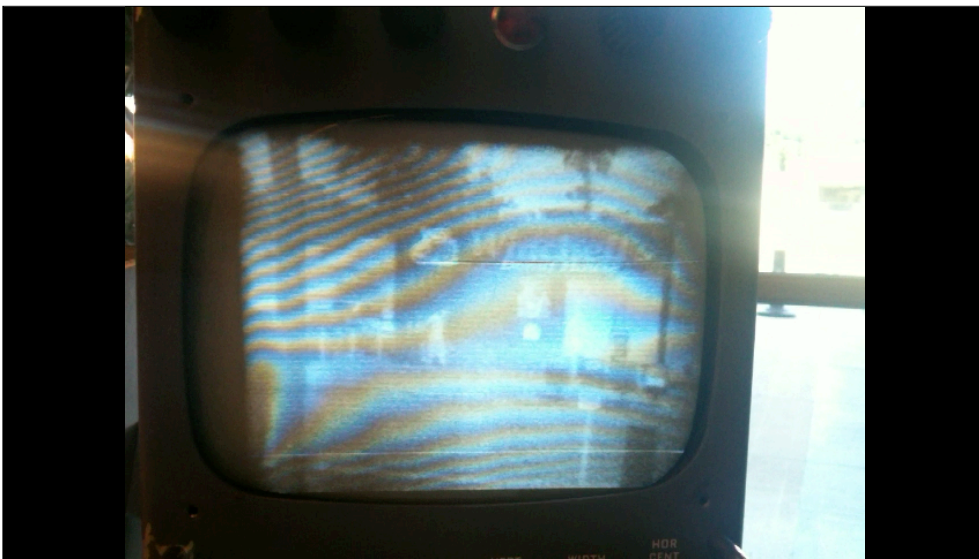
53

Entrelacé ou progressif

- entrelacé (interlaced) → i
 - technologie des moniteurs analogiques

- progressif → p
 - technologie des moniteurs numériques

54



55

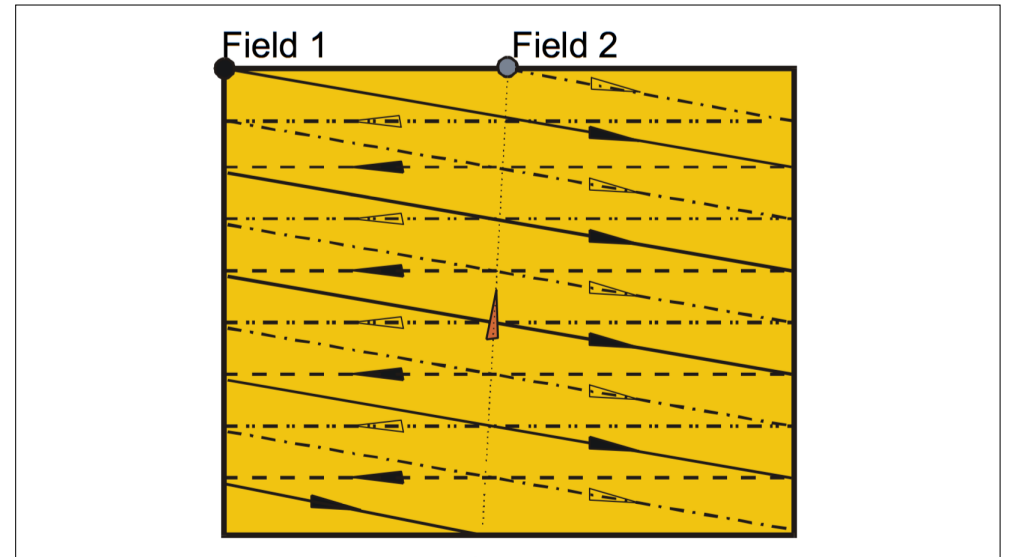


56

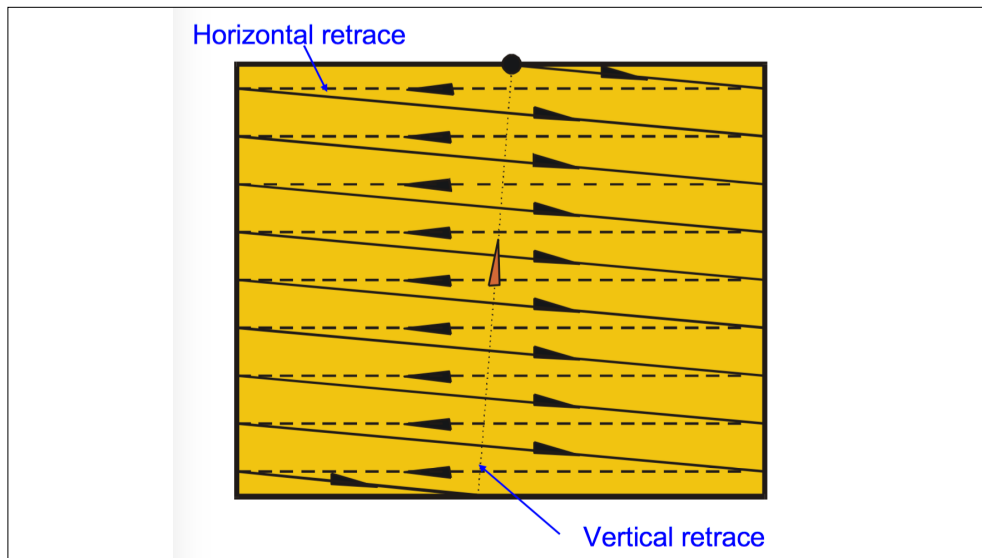
Télévision analogique couleur

- PAL
- NTSC
- SECAM (système français et soviétique)

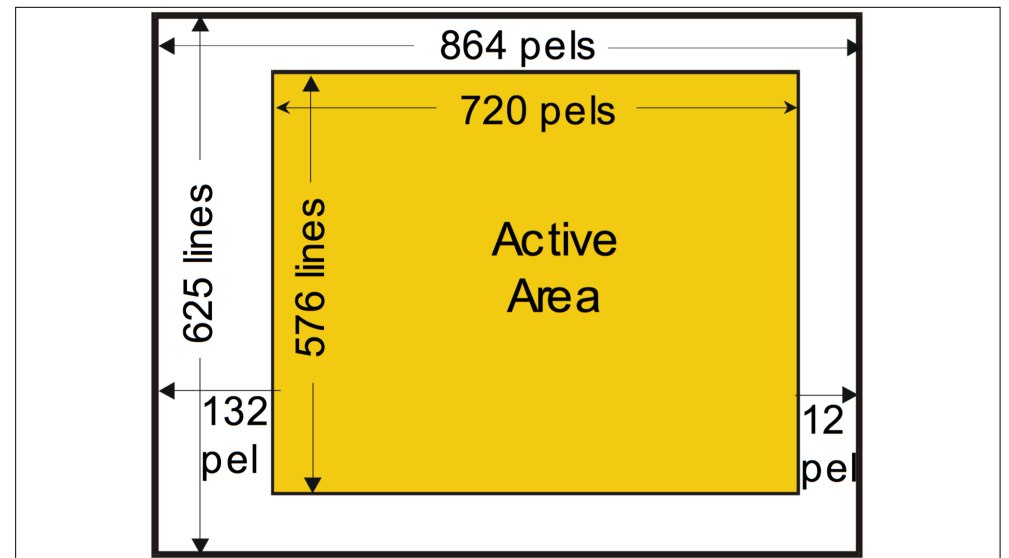
57



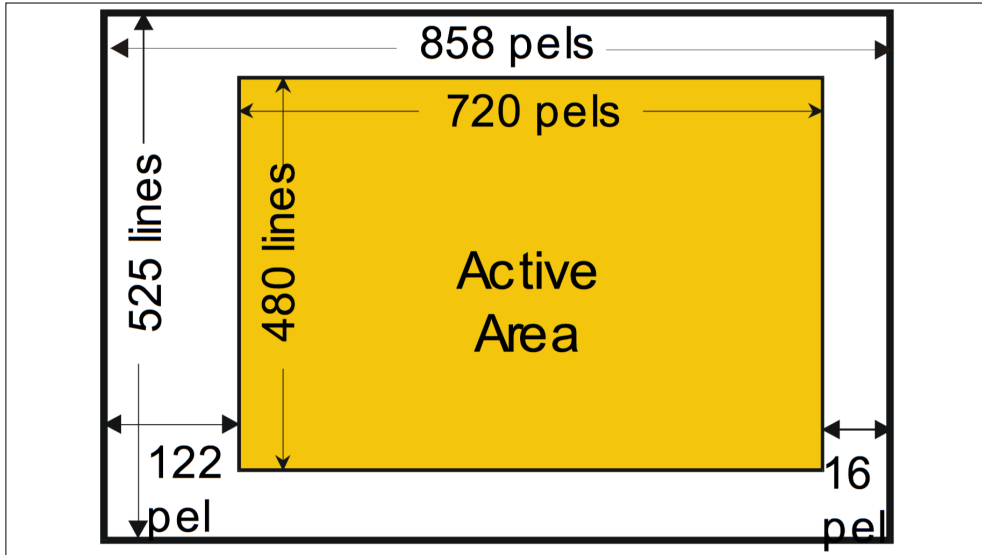
58



59



60



61



62



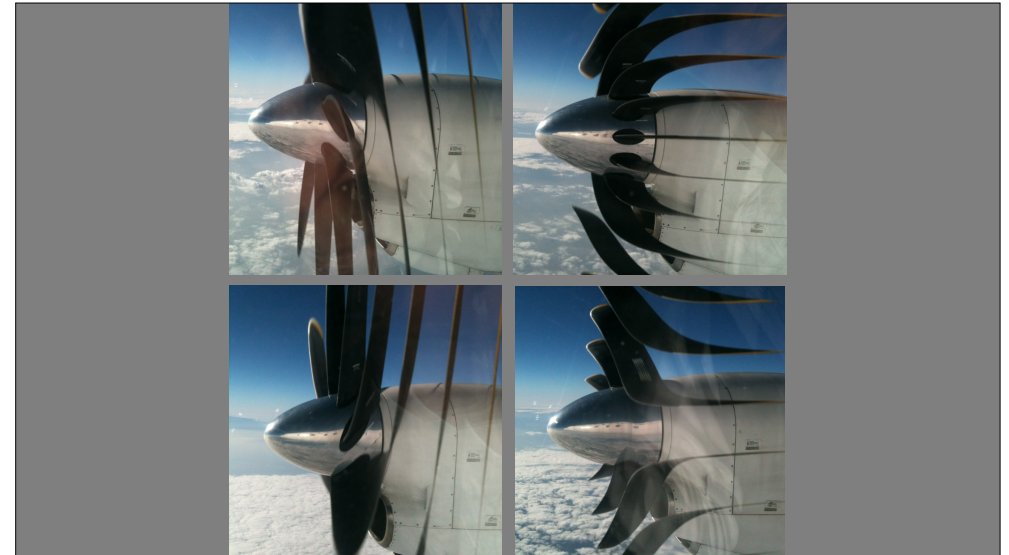
63



64



65



66

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 ($2^{24} = 16\ 777\ 216$)

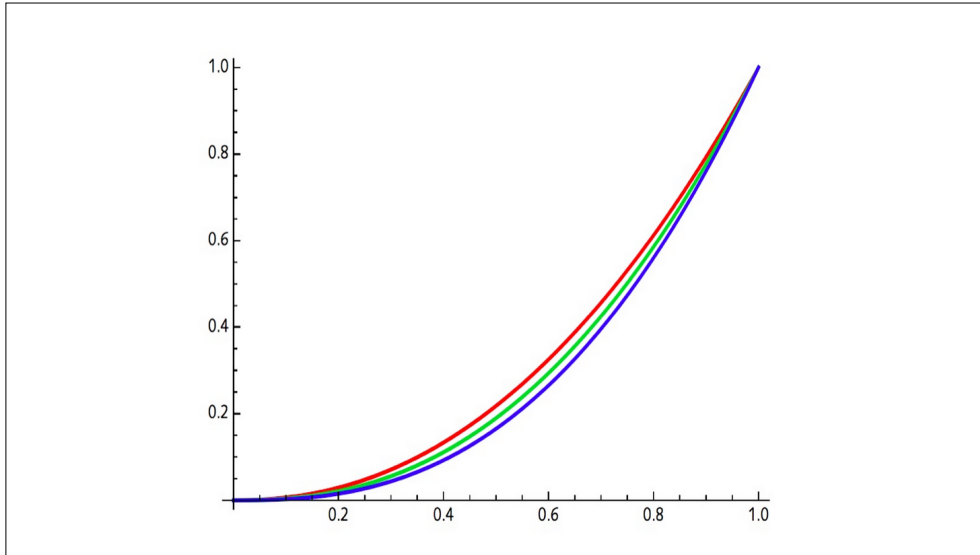
67

Linéaire, exponentielle, logarithmique

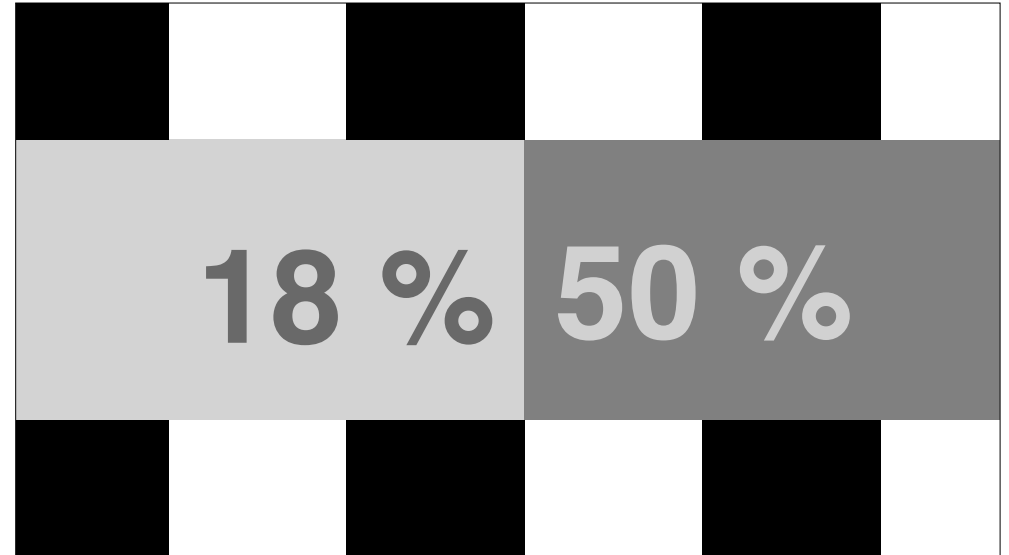
« gris moyen »

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

68



69

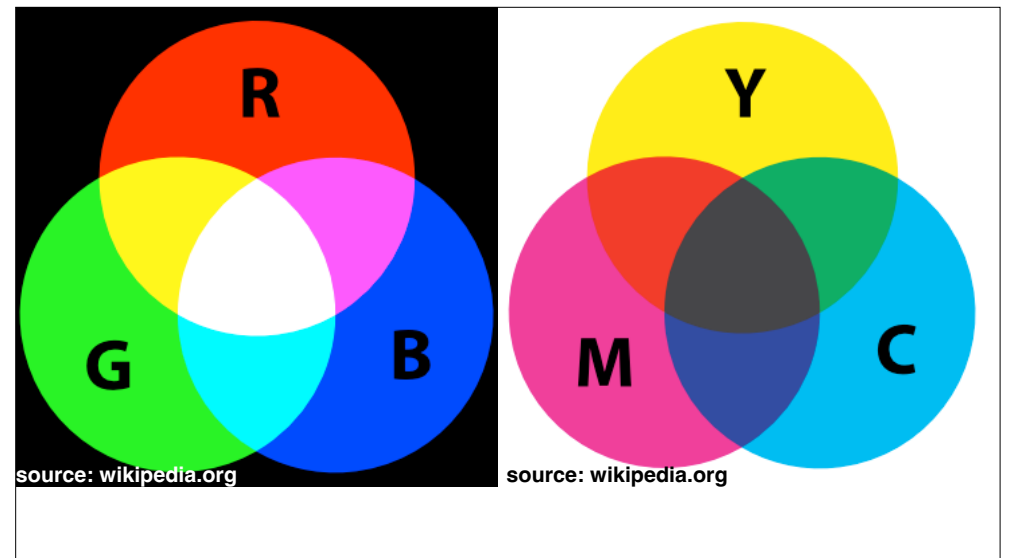


70

Espace colorimétrique

- XYZ, $L^*a^*b^*$
- RGB / R'G'B' / CMY / C'M'Y'
- Y'IQ / Y'UV / Y'D_BD_R
- Y'C_BC_R / Y'C_OC_G
- Y'P_BP_R

71



source: wikipedia.org

source: wikipedia.org

72

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

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

73

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

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

74

Espace colorimétrique

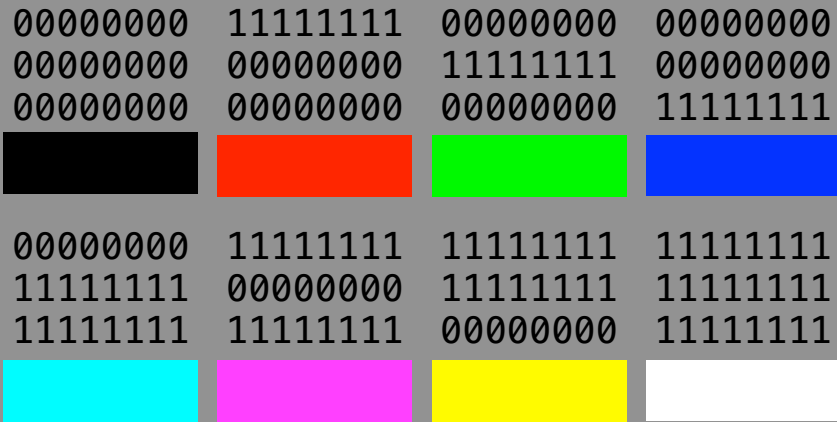
- XYZ, L*a*b*
- RGB / R'G'B' / CMY / C'M'Y'
- Y'IQ / Y'UV / Y'D_BD_R
- Y'C_BC_R / Y'C_OC_G
- Y'P_BP_R

75



76

RGB24

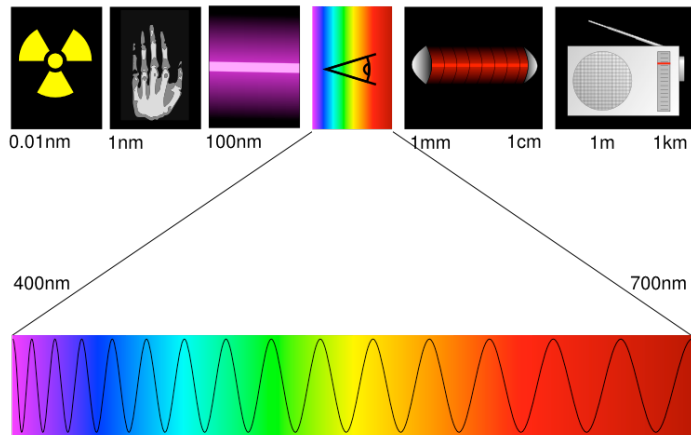


77

Illuminant

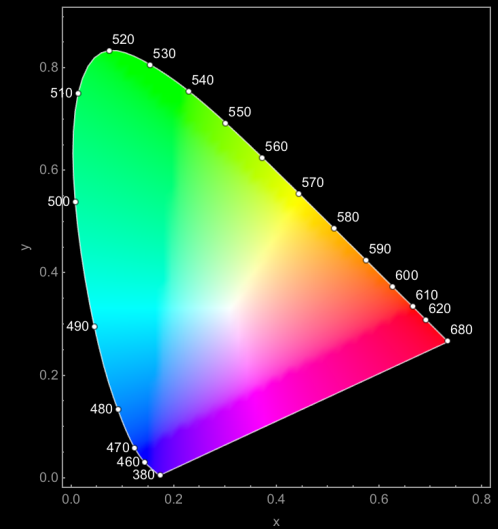
- D50
- D55
- D65
- D75

78

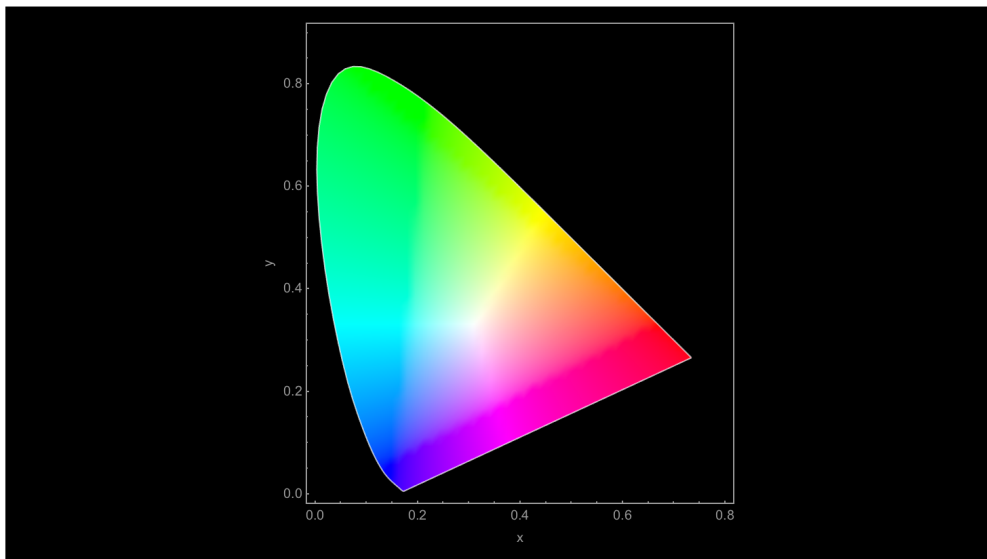


source: unknown

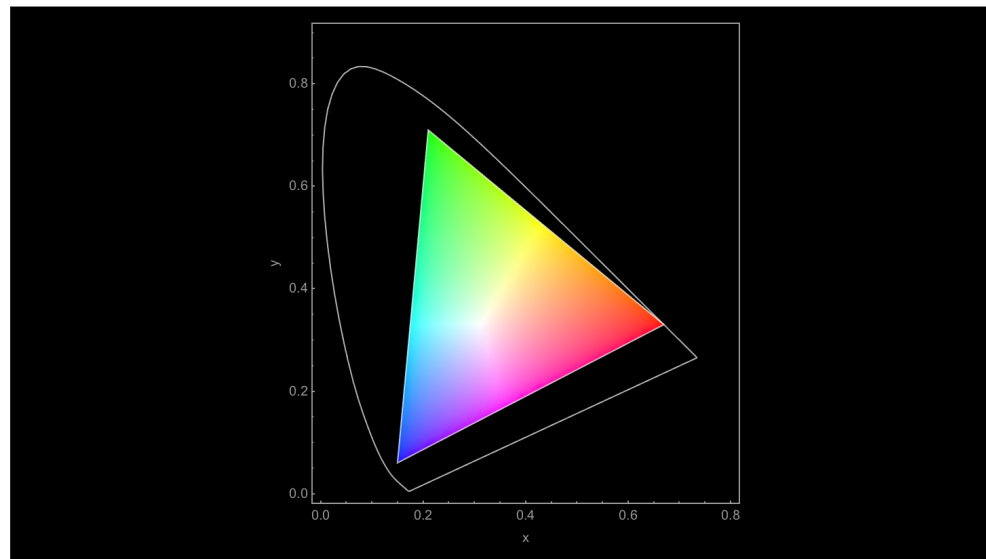
79



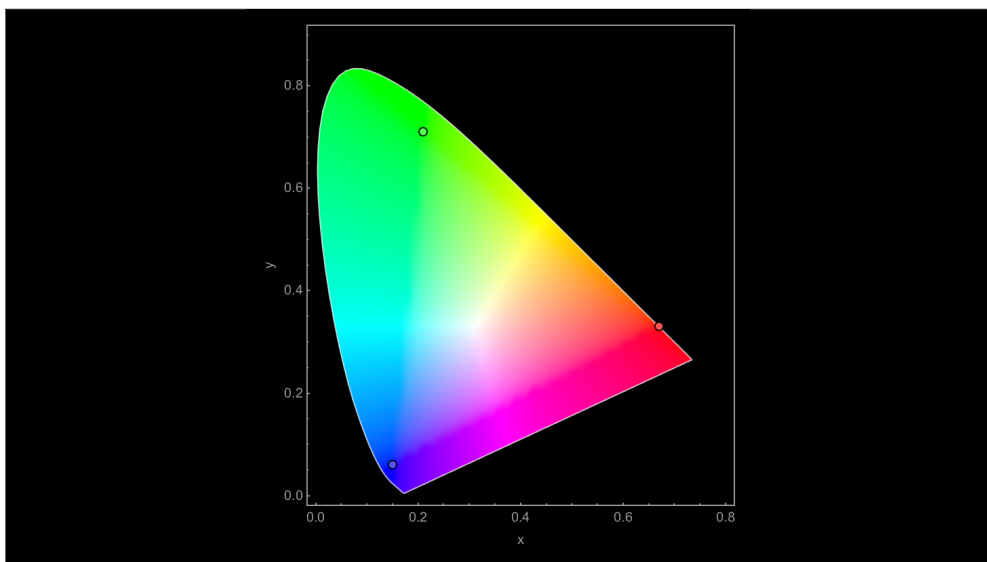
80



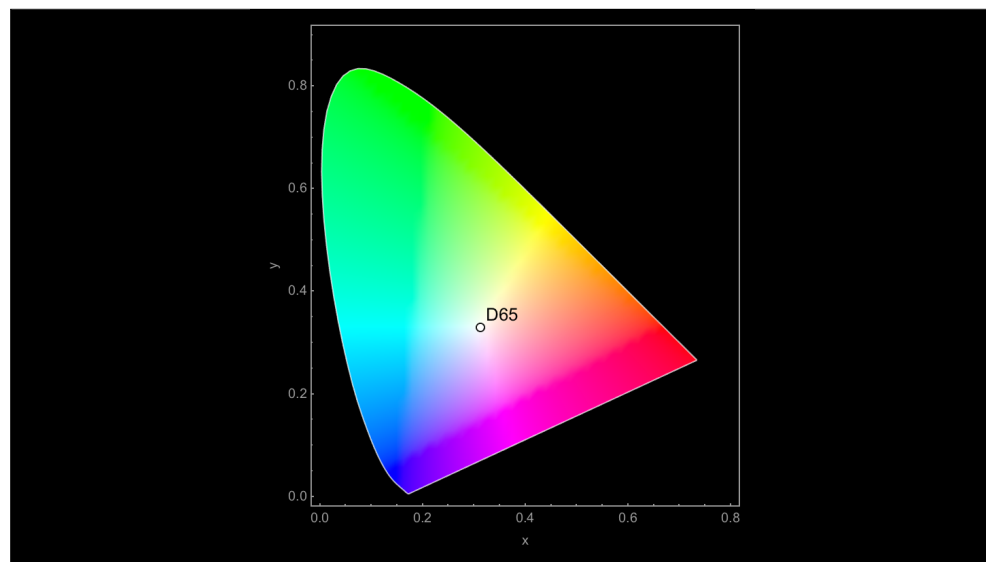
81



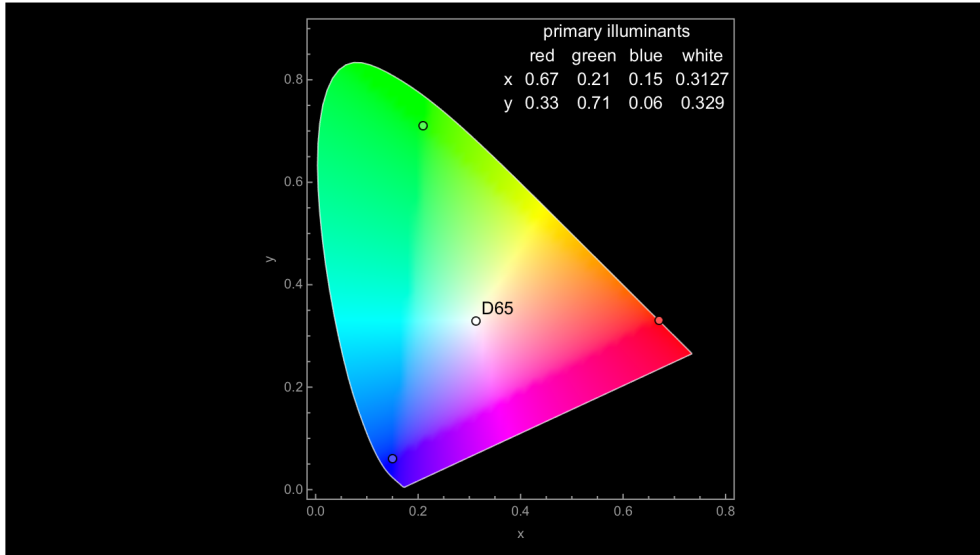
82



83



84



85

Compression

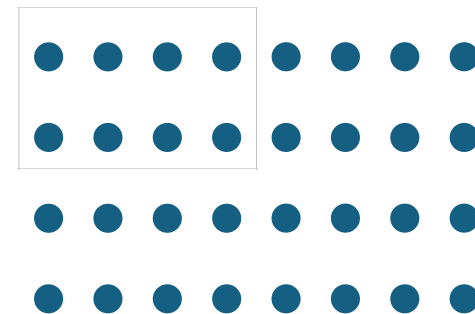
- non-compressé
- compressé sans perte
- compressé avec perte
- compressé à la création
- sous-échantillonnage des couleurs

86

Sous-échantillonnage

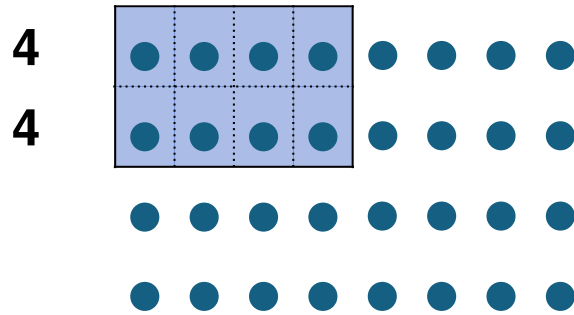
- 4:4:4
- 4:2:2
- 4:2:0 / 4:1:1

87



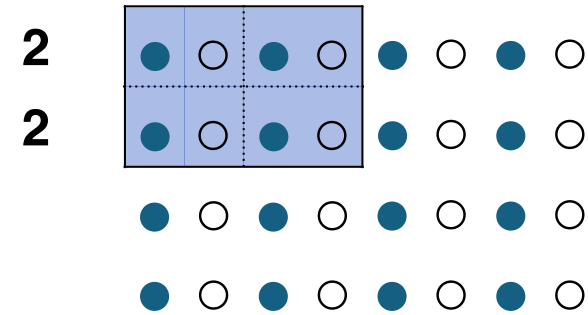
88

4:4:4



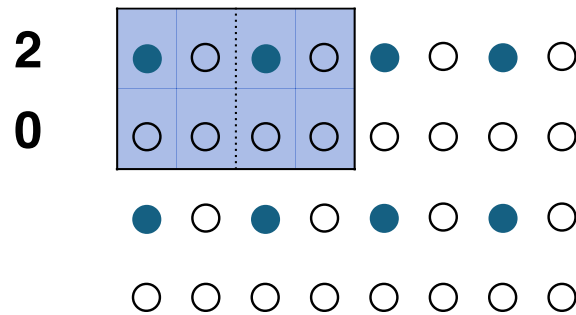
89

4:2:2



90

4:2:0



91

Sous-échantillonnage

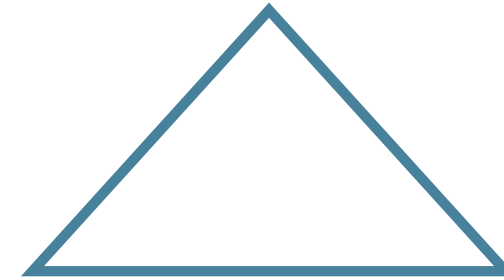
- 4:4:4
- 4:2:2
- 4:2:0 / 4:1:1

92



93

qualité de l'image



temps d'encodage

taille du fichier

94

Conteneur et codec audio

conteneur audio

- WAVE
- AIFF
- XMF
- BWF

codec audio

master:

- PCM
- FLAC

diffusion:

- AAC
- MP3

95

Données audio

- pcm_s16le
- pcm_s24le
- pcm_s32le

96

Conteneur multimédia

conteneur vidéo

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

conteneur images individuelles

- Folder
- TAR
- ZIP
- MXF
- Matroska (.mkv)

- Cinema DNG
- Motion JPEG

97

Codec vidéo et images individuelles

conteneur vidéo

master:

- 8 bit uncompressed
- 10 bit uncompressed
- ProRes RAW
- CineFrom RAW
- HuffYUV
- FFV1

conteneur vidéo

mezzanine:

- ProRes 422
- ProRes 4444
- DNxHD
- DNxHR

diffusion:

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

conteneur images individuelles

- TIFF
- DPX
- JPEG 2000
- OpenEXR
- DNG

98

Données vidéo

- rgb48le
- rgb24
- rgb72le

- bayer_bggr16le
- bayer_bggr24le

- yuv444p16le
- yuv422p10le
- uyvy422
- yuv420p
- yuv444p24le

99

Application pratique

Introduction à FFmpeg
Berne, le 7 février 2025

100

Structure des commandes FFmpeg

```
$0      $1      ${n}  
command argument_1 ... argument_n
```

Syntaxe des arguments:

```
-parameter  
-parameter value  
-p  
-p value
```

101

Syntaxe FFmpeg

```
ffmpeg  
[global_options]  
[input_options_n] -i input_file_n  
[output_options_n] output_file_n
```

```
ffprobe [input_options] input_file
```

```
ffplay [input_options] input_file
```

102

Extraction de métadonnées

```
ffprobe mandela.avi
```

- conteneur

```
→ ffprobe -show_format mandela.avi
```

- codec

```
→ ffprobe -show_streams mandela.avi
```

- formater les métadonnées

```
→ ffprobe -show_format -show_streams -print_format json  
mandela.avi
```

103

Exporter les métadonnées

```
ffprobe  
-show_format  
-show_streams  
-print_format json  
mandela.avi  
> mandela.txt
```

104

Conversion de fichiers

- modifier un conteneur
- créer un fichier mezzanine à partir d'un fichier master
- créer un fichier de diffusion à partir d'un fichier master
- créer un fichier de diffusion à partir d'un fichier mezzanine

105

Modifier le conteneur

```
ffmpeg  
-i mandelbrot.avi  
-c copy  
mandelbrot.mov
```

106

Calculer des sommes de contrôle MD5

```
ffmpeg  
-i mandelbrot.mov  
-f framemd5  
mandelbrot_mov_framesmd5.txt
```

107

Comparaison des sommes de contrôle

Mac/Linux

```
diff  
-s mandelbrot_avi_framesmd5.txt  
mandelbrot_mov_framesmd5.txt
```

Windows

```
fc  
mandelbrot_avi_framesmd5.txt  
mandelbrot_mov_framesmd5.txt
```

108

Tester différents paramètres

- en groupe, tester une commande avec différents paramètres
 - master (images individuelles TIFF) > mezzanine (ProRes/MKV)
 - master (images individuelles TIFF) > diffusion (H.264/MP4)
 - master (non compressé 10 bit) > diffusion (H.264/MP4)
- s'il reste du temps : chercher et tester d'autres commandes
 - modifier les propriétés du fichier
 - contrôle de qualité: écran divisé ou différentiel de deux fichiers

109

Master > Mezzanine

Créer un fichier ProRes à partir d'images TIFF individuelles et les encoder correctement au format HD.

Paramètres :

- f des images individuelles sont traitées
- i le fichier source
- c:v le codec « Apple ProRes 422 » est choisi
- profile:v la variante HQ (haute qualité) du ProRes est 3
- filter:v ajuster la taille et mettre en HD
- an pas de son (« audio no »)
le nom du fichier à créer [sans -o].

110

Master > Mezzanine

Créer un fichier ProRes à partir d'images TIFF individuelles et les intégrer correctement au format HD.

ffmpeg

```
-f image2
-framerate 24
-i DUFAY_TIFF/Dufay_%06d.tif
-filter:v "scale=1440:1080:flags=lanczos,
pad=1920:1080:240:0"
-c:v prores_ks -profile:v 3
Dufay_ProRes.mkv
```

111

Master > Diffusion

Créer un fichier vidéo H.264 à partir d'images TIFF et l'intégrer correctement au format HD.

ffmpeg

```
-f image2 -framerate 24
-i DUFAY_TIFF/Dufay_%06d.tif
-filter:v
"scale=1440:1080:flags=lanczos,pad=1920:1080:240:0"
-pix_fmt yuv420p
-c:v libx264 -preset veryslow -crf 30
Dufay_1_H264.mp4
```

112

Mezzanine > Diffusion

Créer un fichier H.264 à partir d'un fichier vidéo ProRes/MKV.

```
ffmpeg
-i Dufay_ProRes.mkv
-pix_fmt yuv420p
-c:v libx264 -preset veryslow -crf 30
Dufay_2_H264.mp4
```

113

Images individuelles > Master Vidéo

Création d'un fichier FFV1 à partir d'images TIFF individuelles. (https://avpres.net/FFmpeg/sq_FFV1.html)

```
ffmpeg
-f image2
-framesize frames_per_second
-i input_file_regex.extension
-c:v ffv1
-level 3
-threads nb_threads
-coder 1
-context 1
-g 1
-slices 24
-slicecrc 1
-c:a copy
output_file

ffmpeg
-f image2
-framesize 24
-i DUFAY_TIFF/Dufay_%06d.tif
-c:v ffv1
-level 3
-threads 8
-coder 1
-context 1
-g 1
-slices 24
-slicecrc 1
-an
Dufay_ffv1.mkv
```

114

Master Vidéo > Diffusion

Création d'un fichier vidéo H.264/MP4 à partir d'un fichier vidéo FFV1/MKV.

https://avpres.net/FFmpeg/im_H264.html

https://amiaopensource.github.io/ffmpegprovisr/#transcode_h264

```
ffmpeg
-i input_file
-c:v libx264
-preset preset_value
-crf constant_rate_factor
-pix_fmt yuv420p
-c:a aac
output_file

ffmpeg
-i Dufay_ffv1.mkv
-c:v libx264
-preset veryslow
-crf 18
-pix_fmt yuv420p
-c:a aac
Dufay_ffv1_h264.mp4
```

115

Master Vidéo Numérique > Diffusion

Création d'un fichier vidéo H.264/MP4 à partir d'un fichier vidéo 10 bit non compressé/MOV.

https://avpres.net/FFmpeg/im_H264.html

https://amiaopensource.github.io/ffmpegprovisr/#transcode_h264

```
ffmpeg
-i input_file
-c:v libx264
-preset preset_value
-crf constant_rate_factor
-pix_fmt yuv420p
-c:a aac
output_file

ffmpeg
-i input_file.MOV
-c:v libx264
-preset veryslow
-crf 18
-pix_fmt yuv420p
-c:a aac
output_file.MP4
```

116

Observations

- Qu'avez-vous essayé ?
- Qu'avez-vous observé, découvert ?
- Dans quelle mesure les fichiers sont-ils modifiés (métadonnées et aspect visuel) ?

117

Ressources

FFmpeg Cookbook for Archivists
→ avpres.net/FFmpeg/

ffmprovizr
→ amiaopensource.github.io/ffmprovizr/

Afficher la liste de paramètres existants

```
ffmpeg -h
ffmpeg -codecs
ffmpeg -decoders
ffmpeg -h decoder=flac
ffmpeg -encoders
ffmpeg -h encoder=ffv1
ffmpeg -filters
ffmpeg -formats
ffmpeg -layouts
ffmpeg -sample_fmts
ffmpeg -pix_fmts
ffmpeg -bsfs
```

118

Autres possibilités de FFmpeg

- Modifier la résolution de quantification
- Modifier le mode de balayage (entrelacé > progressif)
- Couper le fichier
- Etc.

- Contrôle de qualité : différentiel entre deux fichiers
- Contrôle de qualité : split screen de deux fichiers

119

Merci pour votre attention !

- Feedback
- Cours de perfectionnement
 - Quand : 14 mars 2025
 - Contenu : appliquer FFmpeg à des cas concrets & possibilités de contrôle de la qualité.
 - Quels sont les sujets qui vous intéressent pour ce cours ?

120

AV Preservation by reto.ch Ødegård & Bernard Restaurierung

Reto Kromer:

reto.ch / info@reto.ch

Eléonore Bernard et Kamilla Ødegård:

<https://atelier40a.ch/odegard-bernard-restaurierung-klg/>

eleonore.bernard@atelier40a.ch /

kamilla.oedegard@atelier40a.ch