

MEMORIAV RECOMMANDATIONS

L'ARCHIVAGE NUMÉRIQUE DES FILMS ET VIDÉOS: FONDEMENTS ET ORIENTATIONS

La version actualisée de ces recommandations Memoriav est disponible en ligne gratuitement à l'adresse :

<https://memoriav.ch/dafv/?lang=fr>

Pour toutes questions, suggestions ou si vous disposez d'informations complémentaires, n'hésitez pas à nous contacter !

Nouveaux chapitres

- 3.3.4.1 Optique sphérique
- 3.3.4.2. Optique anamorphique
- 3.4.4 Intégrité des données
- 4.1.5 Compétences spécialisées
- 4.3.3 Film : son

Chapitres revu

- 3.1 Film
- 3.2.3 Enregistrements analogiques et numériques
- 3.2.4 Codec, conteneur et compression
- 3.3.4 Format d'image (= rapport largeur/hauteur)
- 3.3.5 Format de fichier
- 3.4.2 Stream
- 4.3.4 Numérisation du film : remarques supplémentaires
- 4.3.8 Infrastructure informatique
- 4.4.2 Normes éthiques
- 5.2 Evaluation des supports et formats de fichiers vidéo les plus courants
- 5.2.2 JPEG 2000, Motion JPEG 2000 (MJ2K) et FFV1 : indications complémentaires
- 5.2.3 Formats de film recommandés
- 5.2.4 Formats vidéo recommandés
- 5.3.2 Sauvegarde : l'exemple LTO (Linear Tape-Open)
- 5.7 Originaux
- 6.4 Pour en savoir plus

Recommandations Memoriav L'archivage numérique des films et vidéos

Version 1.2 novembre 2019

Contenu

Agathe Jarczyk
Reto Kromer
David Pfluger

Rédaction

Yves Niederhäuser

Révision de la version 1.0

Réseau de compétence vidéo/TV

Production

Laurent Baumann

Graphisme

Martin Schori, Bienne

Traduction et révision de la version française

Myriam Erwin

Editeur

Memoriav
Association pour la sauvegarde
de la mémoire audiovisuelle suisse
Bümplizstr. 192, 3018 Berne
Tél. 031 380 10 80
info@memoriav.ch
www.memoriav.ch

Avec le soutien de:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de la culture OFC

1. Buts et objectifs du document	4	4.3.4 Numérisation de film: remarques supplémentaires	42
2. Introduction	5	4.3.5 Vidéo, de la prise de vue à l'archivage	45
3. Terminologie: explications, définitions et illustrations	6	4.3.6 Numérisation de la vidéo: remarques supplémentaires	45
3.1 Film	7	4.3.7 Modèles de conservation des données	50
3.2 Vidéo	8	4.3.8 Infrastructure informatique	51
3.2.1 Cassette vidéo	8	4.3.9 Tailles des fichiers et systèmes de fichiers	52
3.2.2 Videoplayer, videorecorder	8	4.4 Questions éthiques	53
3.2.3 Enregistrements analogiques et numériques	8	4.4.1 Restauration versus re-création	54
3.2.4 Codec et compression	16	4.4.2 Normes éthiques	55
3.3 Format	17	5. Recommandations	59
3.3.1 Format des médias	17	5.1 Archivage numérique, généralités	59
3.3.2 Format de film	17	5.2 Evaluation des supports et formats de fichiers vidéo les plus courants	60
3.3.3 Format vidéo	17	5.2.1 Mpeg-4 : indications complémentaires	61
3.3.4 Format d'image (= rapport largeur/hauteur)	20	5.2.2 JPEG 2000, Motion JPEG 2000 et FFV1 : indications complémentaires	61
3.3.5 Format de fichier	23	5.2.3 Formats de film recommandés	69
3.3.6 Format d'archivage, format d'utilisation	25	5.2.4 Formats vidéo recommandés	74
3.4 Numérisation	27	5.2.5 Formats de copies d'utilisation (films et vidéos) recommandés	75
3.4.1 Codage numérique	28	5.3 Stockage des fichiers et sauvegarde à long terme	78
3.4.2 Stream	28	5.3.1 Conventions de nommage	78
3.4.3 Support de données	28	5.3.2 Sauvegarde : l'exemple lto (linear tape-open)	79
3.4.4 Intégrité des données	29	5.3.3 Contrôle de l'intégrité des données	79
3.5 Métadonnées	29	5.4 Codecs et transcodages	80
4. Planification et mise en œuvre pratique	31	5.4.1 Principes du transcodage	80
4.1 Principes de planification	31	5.4.2 Stockage sous forme de séries d'images isolées	82
4.1.1 Numérisation en interne ou externalisation ?	31	5.5 Documentation et métadonnées	83
4.1.2 Contrôle de qualité	32	5.5.1 Standards de métadonnées: exemples	83
4.1.3 Coûts	34	5.6 Boîte à outils	85
4.1.4 Personnel et organisation	34	5.7 Originaux	86
4.1.5 Compétences spécialisées	34	5.8 Appareils	86
4.2 Identification des formats	36	6. Annexe	87
4.2.1 Identification des formats de support (film et vidéo)	36	6.1 Glossaire	87
4.2.2 Identification de fichiers vidéo	36	6.2 Auteurs des illustrations et graphiques	87
4.3 Numérisation dans le secteur de l'archivage	38	6.3 Normes et standards	87
4.3.1. Conservation numérique ou post-production numérique ?	38	6.4 Pour en savoir plus	88
4.3.2 Film, de la prise de vue à l'archivage	38	6.5 Memoriav	90
4.3.3 Film: son	38	6.6 Chapitres incomplets	90

Ces recommandations Memoriav ont été formulées par un groupe de travail interdisciplinaire. Le Réseau de compétence vidéo/TV de Memoriav les a ensuite examinées. Le secrétariat général de Memoriav s'est occupé de la rédaction et de la mise en forme pour la publication.

L'association Memoriav a pour mission de conserver, de valoriser et de diffuser le patrimoine audiovisuel suisse. Elle lance des projets en tenant compte des normes dans ce domaine et de la déontologie professionnelle. Une mission importante à cet égard est la rédaction et la publication de recommandations, à l'exemple des présentes recommandations.

Ces recommandations se focalisent sur le traitement de données numériques au contenu audiovisuel. Elles se veulent une aide à l'orientation pour les responsables de collections et d'archives et leur donner des indications pour la numérisation et l'archivage numérique. Les recommandations peuvent aussi être utiles aux prestataires de service dans le secteur de la production de médias ainsi qu'aux personnes qui souhaitent soumettre à Memoriav des demandes de contribution à leurs projets. Elles y trouveront les critères pour une conservation durable de documents numériques audiovisuels.

Compte tenu de l'évolution extrêmement rapide dans tous les secteurs de l'informatique, les recommandations, en particulier les recommandations pratiques, doivent être périodiquement actualisées. Pour cette raison, ces recommandations seront continuellement revues. Il faudra donc tenir compte lors de leur consultation de la date et du numéro de version de la dernière mise à jour.

Le monde numérique offre aux archives de nouvelles et excellentes perspectives pour ce qui concerne l'accès à leurs collections et la valorisation de leurs fonds. Cependant, la conservation des masters numériques à des fins d'archivage oblige le personnel à s'approprier et développer des connaissances techniques, et occasionne de nombreux coûts supplémentaires, aussi bien du fait de la numérisation de documents analogiques que du fait d'un suivi constant des données. Ces facteurs doivent absolument être pris en compte dès la phase de planification – phase pour laquelle les présentes recommandations donnent des principes de base.

Ces recommandations constituent une introduction aux concepts importants, un aperçu de la problématique et se proposent de faire une évaluation générale de la qualité et des propriétés de différents formats vidéo pour les besoins des archives. Elles n'offrent cependant en aucune façon des solutions brevetées ou des indications et modes d'emploi concrets pour les programmes et outils au service de l'archivage à long terme. Les recommandations ont été rédigées comme une introduction critique et doivent pouvoir permettre de développer des solutions spécifiques, lesquelles seront mises en œuvre en conformité avec leur contexte.

Numériser des médias analogiques se justifie pour différentes raisons. La raison principale régulièrement avancée est la conservation à long terme. Si l'on creuse la question, il s'avère cependant souvent que ce sont plutôt les avantages des multiples possibilités d'usage et de l'accès facilité aux documents qui sont au centre de la réflexion. Ceci témoigne certes d'une prise en compte réjouissante de l'accès comme composante importante de l'archivage, mais démontre aussi souvent une sous-estimation des conséquences et des défis organisationnels, techniques et financiers posés par l'archivage numérique.

De fait, la numérisation de documents analogiques audiovisuels devient toujours plus inévitable pour les services d'archives ; c'est d'autant plus vrai pour les films et vidéos, car la technique analogique ne sera bientôt presque plus disponible pour raison d'obsolescence. S'y ajoute le fait que certains médias physiques sont exposés à une détérioration somme toute très rapide et que le temps disponible pour y remédier est donc lui aussi très court. Films et vidéos sont enfin de plus en plus nombreux à être produits en numérique et sont pris en charge sous ce format par les institutions patrimoniales qui devront développer leurs propres processus de traitement etc. pour les conserver.

La diversité de formes et de formats des médias numériques est encore plus grande que celle des médias analogiques qui les ont précédés. Ces formes et formats sont généralement taillés sur mesure pour un type d'exploitation particulier. Recourir à des copies numériques et à des fichiers de médias numériques natifs («born-digital») pour un autre type d'exploitation que celui qui était prévu, peut

entraîner des difficultés lors de l'utilisation. Simultanément, c'est souvent la première numérisation ou le format de production qui détermine la qualité future et la manière dont la réception d'une œuvre se fera à l'avenir. Revenir aux originaux analogiques dans un futur plus lointain peut être compromis pour différentes raisons :

- L'original n'est plus disponible ou a été détruit (il faut conserver les originaux même après numérisation [▶ chap. 5.7]).
- L'original, suite à son altération physique, n'a plus les qualités présentes au début ou lors de la première numérisation.
- On observe souvent une négligence d'entretien des originaux analogiques après la numérisation et des conditions de stockage inadéquates qui accélèrent le processus d'altération.
- Les moyens techniques et / ou le savoir-faire font défaut, qui auraient pu assurer une qualité optimale de transfert.
- Les ressources financières pour un second transfert font défaut.

Un défi particulier est posé par la perte de qualité, inhérente au copiage périodique et inévitable des supports analogiques. Les données numériques, quant à elles, peuvent certes en théorie (et en réalité aussi à condition d'être correctement manipulées) être recopiées sans perte d'information autant de fois que nécessaire ; lors de transcodages d'un codec à d'autres codecs, ce procédé s'avère cependant déjà un peu plus complexe [▶ chap. 5.4]. Les masters numériques n'entraînent donc pas automatiquement la garantie d'un archivage à long terme ni une plus grande sécurité. Les données numériques qui seront conservées sur la longue durée doivent faire l'objet d'un contrôle et d'un entretien constants.

«Digital preservation is an active, longterm commitment; scanning is a time-limited process.»¹

¹ LeFurgy, Bill, *Digitization is Different than Digital Preservation: Help Prevent Digital Orphans!*, in: The Signal. Digital Preservation (Blog), <https://blogs.loc.gov/digitalpreservation/2011/07/digitization-is-different-than-digital-preservation-help-prevent-digital-orphans/> [9.4.2015]

Afin que les résultats d'une conservation numérique puissent être appréciés et correctement évalués plus tard, il est important que tout le processus soit complètement documenté. La documentation et la transmission de cette information constituent des éléments-clés de la conservation numérique.

Certains termes, tel le mot «format», sont fréquemment utilisés avec imprécision dans le domaine audiovisuel; la distinction, toujours actuelle et pertinente, entre film et vidéo, disparaît souvent à l'usage, peut-être parce que le langage courant se réfère au contenu uniquement alors que dans les questions de conservation, la forme (technique) est essentielle. Pour décrire clairement les sujets techniques complexes traités ici et les défis de la conservation numérique, le vocabulaire employé doit être très précis. La suite du présent chapitre explique quelques-unes des notions les plus importantes.

3.1 Film

Un film est une bandelette de matière synthétique, fine, transparente et souple, recouverte d'une émulsion, appelée émulsion photographique car extrêmement sensible à la lumière visible et destinée à l'enregistrement analogique (optico-chimique) d'images fixes. Le film est exposé pendant l'enregistrement et un procédé chimique permet le développement et la fixation des images exposées. La couche porteuse de l'image est stabilisée et perd sa grande photosensibilité. Si la restitution des images est faite correc-

tement, se produit l'illusion d'une animation fluide, suite animée d'images fixes enregistrées au moyen d'une ou plusieurs caméras cinématographiques grâce à l'exposition de la pellicule. Le film existe en plusieurs largeurs standardisées ainsi qu'une large palette d'émulsions aux caractéristiques variées. Le film peut contenir des images en négatif ou positif, optionnellement aussi des informations sonores, et est généralement doté d'une perforation qui permet le transport mécanique précis des images l'une après l'autre. Le son peut être enregistré simultanément sous forme d'information analogique ou numérique lisible optiquement. Il peut aussi être enregistré sous forme d'une bande magnétique collée sur la bande film (piste magnétique commune ou commag, common magnetic track), comme bande magnétique distincte (piste magnétique séparée ou sepmag, separate magnetic track), sur des disques (Vitaphone) ou des supports optiques (DTS). Les bandes magnétiques séparées (sepmag) sont des bandes perforées, de 16 mm, 17,5 mm ou 35 mm de largeur, recouvertes d'une couche d'oxyde de fer posée sur du tri-acétate de cellulose ou sur une bande de polyester.



III. 1: Termes relatifs aux zones en surface du matériau filmique.

3.2 Vidéo

Une vidéo est un signal soit analogique soit numérique, avec un contenu audiovisuel, qui doit être interprété par un appareil de lecture, respectivement par une application logicielle (software) pour pouvoir être restitué. Les origines de la vidéo sont étroitement liées à l'histoire de la technique télévisuelle et des enregistrements magnétiques. Les propriétés caractéristiques de la vidéo sont l'enregistrement par balayage entrelacé de demi-images ainsi que la possibilité de restitution immédiate sans procédé de développement.

Avant d'être stockée comme fichier numérique indépendant du support, la vidéo a été enregistrée au moyen de nombreux appareils de construction et de tailles différentes. Tous ces appareils recourent au procédé dit balayage hélicoïdal, mais avec des largeurs de bande de 1/4" à 1" et une répartition des pistes des plus diverses – l'ancien procédé de l'enregistrement transversal sur 2 pouces excepté. Bien plus de 50 formats vidéo sont ainsi apparus, avec presque autant de confections différentes de bandes, sous forme de bobines ouvertes ou de cassettes, qui ne sont utilisables qu'avec l'appareil d'enregistrement ou de lecture correspondant. Avec les avancées techniques, aussi bien le format électronique (par ex. image entière /scan progressif au lieu des demi-images), que le rapport largeur/hauteur (par ex. 16:9 au lieu de 4:3 [rapport entre la largeur et la hauteur de l'écran. Note de la traductrice]) ou les supports (par ex. supports optiques) ont évolué; l'indépendance d'un fichier numérique vidéo d'un support physique particulier a constitué la plus grande évolution de cette technologie.

3.2.1 Casette vidéo

Une cassette vidéo est faite d'une bande magnétique dans une cassette de matière plastique, dotée d'une bobine preneuse (ou bobine réceptrice) et une bobine dérouleuse

(émettrice), qui permet la lecture dans un appareil de lecture spécifique. La bande peut selon les spécificités du format être d'une longueur, largeur et épaisseur différentes ainsi qu'avoir des propriétés magnétiques différentes (soit la force coercitive qui permet de magnétiser la bande dans la polarité souhaitée). La configuration de la bande est calée sur le signal vidéo d'un format vidéo déterminé [▶ chap. 3.3.3].

3.2.2 Videoplayer, Videorecorder

À l'origine, un videoplayer et un videorecorder désignaient un appareil de lecture et d'enregistrement. Aujourd'hui, le terme désigne aussi un programme informatique (par ex. un software-player), qui peut enregistrer un signal vidéo numérique ou le faire lire depuis un fichier et l'afficher à nouveau sur un moniteur PC ou sur un projecteur. Un signal analogique doit d'abord être converti avec un convertisseur A/D (Analogique/Numérique) pour pouvoir être traité par le programme adéquat.

3.2.3 Enregistrements analogiques et numériques

Lors de l'enregistrement analogique d'images vidéo, le signal de l'image est divisé en lignes et les lignes sont enregistrées une par une sur un support, par exemple une bande magnétique. Le signal est restitué de la même manière lors de la lecture, ligne par ligne. Pour éviter le scintillement de l'image, deux demi-images sont en outre enregistrées et transmises ou lues l'une après l'autre. Chaque demi-image ne contient qu'une ligne sur deux. Les différences d'information dans l'image sont dans ce cas enregistrées comme une différence.

3.2.3.1 Largeur de bande / débit du signal d'image vidéo

La largeur de bande d'un signal analogique de l'image définit la densité d'information stockée pour une image vidéo analogique et ainsi sa qualité optique. Celle-ci dépend du rapport largeur/hauteur, du rythme de transmission des images et du nombre de lignes de l'image. Toutes ces caractéristiques sont des facteurs de qualité de l'image animée. La largeur de bande est indiquée en hertz (Hz unité de mesure de la fréquence). Le standard de télévision européen PAL (acronyme pour Phase Alternating Line) définit une image avec un rapport largeur/hauteur de 4:3, 576 lignes affichées (le nombre total de lignes est de 625) et un rythme de transmission de 25 images par seconde. Ceci exige une largeur de bande d'environ 5 MHz (mégahertz). Dans une vidéo numérique, toutes les caractéristiques susmentionnées de l'image sont converties en séries de valeurs binaires (des 0 et des 1). À la largeur de bande d'une image analogique correspond dans la vidéo numérique le nombre de bits par seconde ou débit binaire [🔴 chap. 3.4.2]. Dans le langage courant, l'expression «largeur de bande» continue à être utilisée, bien que l'unité de mesure soit complètement différente.

3.2.3.2 Compression analogique et réduction de format 4:2:2

Un bref rappel historique est nécessaire pour expliquer la compression analogique. Lorsque la restitution analogique commerciale d'images vidéo en était à ses débuts, la norme CCIR (recommandation du Comité Consultatif International des Radiocommunications de l'Union internationale des télécommunications) était utilisée en Europe. Elle définissait l'image vidéo comme monochrome, d'un format 4:3; la trame de l'image comportant 576 lignes affichées, et le rythme de transmission étant de 25 images par seconde.

Les appareils de télévision noir et blanc furent produits en Europe conformément à cette norme CCIR. Un problème se posa lors de l'introduction de la télévision couleur: trois canaux étaient nécessaires pour représenter une image couleur, respectivement pour le rouge, le vert et le bleu (R, V, B. RVB ou RGB, de l'anglais Red, Green, Blue. Le codage RVB indiquerait l'intensité de chacune de ces trois couleurs primaires.) L'image couleur nécessitait donc une largeur de bande trois fois plus grande que celle de l'image noir et blanc. Le standard fondé sur les trois canaux couleur avec 576 lignes affichées et un débit de 25 images par seconde s'est appelé PAL. Les téléviseurs noir et blanc ne pouvaient gérer ainsi qu'un seul canal, ce qui ne correspondait pas à une image en noir et blanc où les tons gris seraient correctement représentés, puisqu'une seule sélection couleur au maximum serait visible. Une astuce technique permet de résoudre ce problème. On calcula trois nouveaux canaux à partir des trois canaux R, V et B: un canal contenait l'image noir et blanc, qui correspond à l'information sur la luminosité de chaque pixel (information de luminance). Les deux autres canaux contenaient des signaux dits de chrominance différence bleu ou rouge, qui représentent les informations couleur:

R, V, B → Y, P_B, P_R

R = canal rouge

V = canal vert

B = canal bleu

Y = informations de luminance = image noir et blanc

P_B signal de chrominance différence bleu (B - Y)

P_R signal de chrominance différence rouge (R - Y)

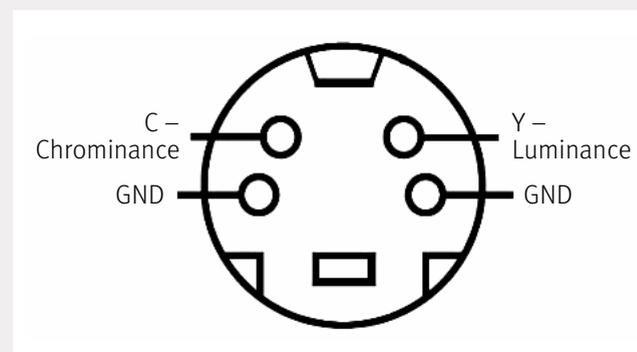
Y, P_B et P_R contiennent, exactement comme R, V et B, toute l'information relative à l'image. Les informations contenues dans Y, P_B et P_R permettent de restituer les canaux rouge,



Appareil doté des trois différentes prises vidéo analogiques Component (Y, P_B, P_R), S-Video et Composite («Vidéo»).

La triple prise Component (de couleur rouge, verte et bleue) est constituée de trois prises Cinch [ou RCA. Note de la trad.], dont chacune transporte un des canaux Y, P_B et P_R, et de leur prise de terre (blindage). La prise S-Video a 4 broches, deux pour le signal de luminance Y et sa prise de terre; la broche C pour le signal de chrominance (signal combiné «P_B, P_R») et une broche pour sa prise de terre.

La prise Composite est constituée d'une seule prise Cinch (jaune).



Disposition des broches dans le connecteur S-Video

III. 2: Prises des signaux vidéo analogiques Component (Y, P_B, P_R), S-video (Y, C) et Composite («vidéo»). L'illustration montre les formes typiques de prises Component, S-Video et Composite sur les appareils. Il existe de même des formats vidéo analogiques où le signal est mémorisé sur une bande magnétique comme signal Component, S-Video ou comme signal Composite.

3. TERMINOLOGIE: EXPLICATIONS, DÉFINITIONS ET ILLUSTRATIONS



Image source en couleur



G
Canal de couleur vert
(monochrome)



B
Canal de couleur bleu
(monochrome)



R
Canal de couleur rouge
(monochrome)



Y'
Canal de luminance
(monochrome)



C_B
Différence de signal R-Y'
(monochrome)

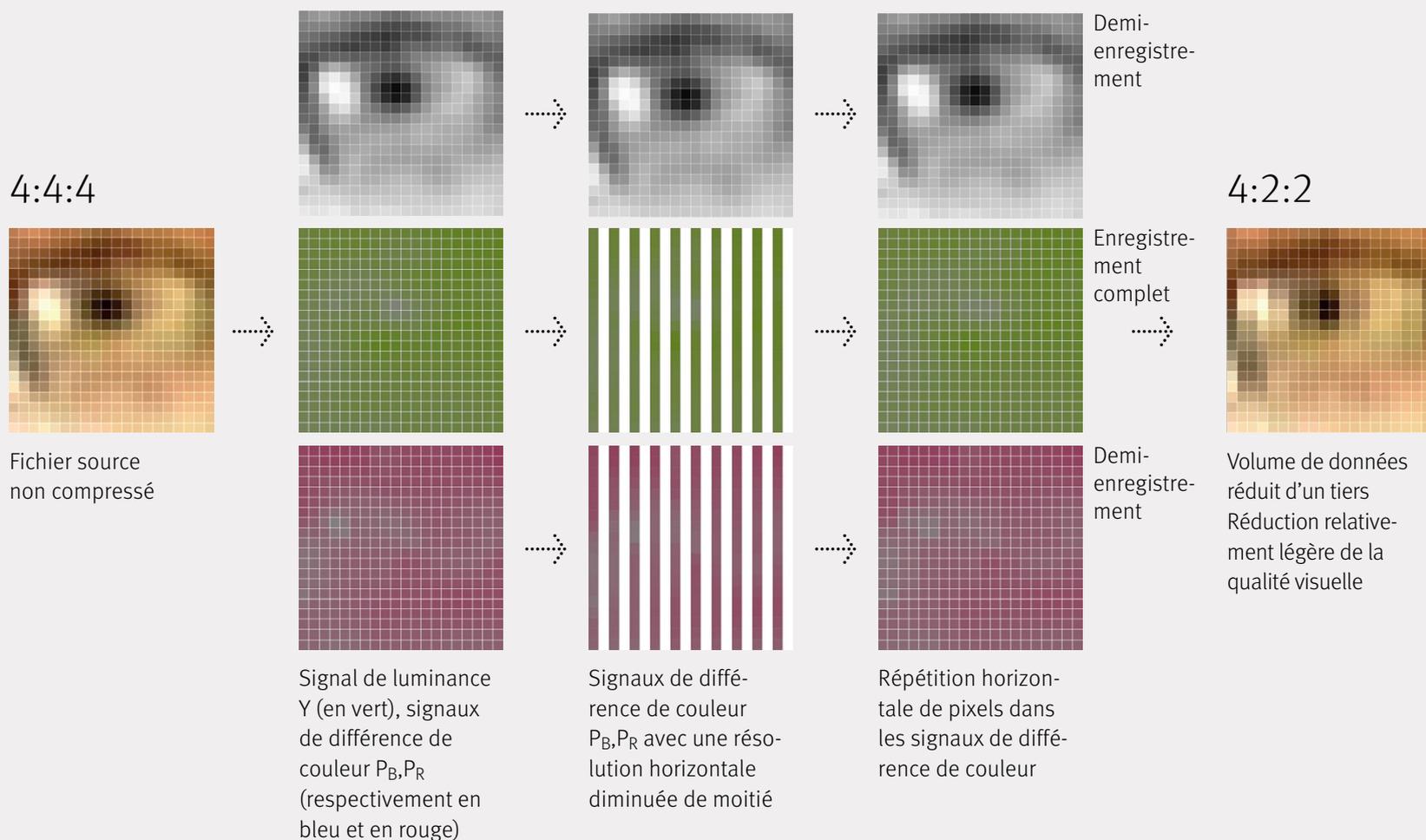


C_R
Différence de signal B-Y'
(monochrome)

Ill. 3: Décomposition de l'information sur la couleur dans trois canaux monochromes. Les codages RVB et $Y' C_B C_R$ sont deux procédés différents de décomposition de l'information couleur d'une image en trois canaux. La combinaison des informations de chacun des trois canaux donne dans les deux cas le même contenu informationnel (voir l'image source, illustration ci-dessus). Différents standards $Y' C_B C_R$ existent, dont la variante SDTV est représentée ici.

La représentation en couleur des canaux doit être interprétée comme une aide à la compréhension. Tous les canaux sont en effet composés d'un signal monochrome, qui pourrait être représenté par une image noir et blanc, dont le contenu informationnel serait identique. Les composantes PB et PR du signal $Y' C_B C_R$ sont des signaux de transport de l'information couleur de l'image et ne sont en réalité jamais représentés. Ils génèrent les composantes RVB qui seront, elles, représentées. Le canal de luminance Y' correspond à l'image émise par un téléviseur noir et blanc en train de réceptionner l'image couleur $Y' C_B C_R$.

Les barres de couleur RVB visibles sur la partie droite de l'image source présentent les valeurs 255, 0, 0 pour le rouge, respectivement 0, 255, 0 pour le vert et 0, 0, 255 pour le bleu, dans l'espace chromatique RGB (3×8 bits). Les valeurs de gris des trois couleurs primaires ne sont pas identiques dans la représentation du canal de luminance Y' , c'est-à-dire que les couleurs de base rouge, vert et bleu sont pondérées différemment lors de la conversion RVB à $Y' C_B C_R$. Cette pondération résulte de la combinaison de différents facteurs techniques issus du développement historique du téléviseur couleur. Il a été tenu compte, pendant l'étape de transformation, de la façon dont l'œil humain perçoit la luminosité couleur.



Ill. 4: le sous-échantillonnage (compression) numérique «4:2:2» illustré ici avec une réduction des données obtenue par une division sélective de la résolution horizontale des signaux de différence de couleur P_B, P_R , qui définissent la proportion d'image en couleur bleue, respectivement rouge.

vert et bleu. On appelle R, V, B, ainsi qu'Y, P_B et P_R les signaux des composantes («component» en anglais). Les télévisions noir et blanc ne représentent que le canal Y, l'information sur la couleur est ignorée.

Cette astuce technique a permis d'utiliser en même temps des appareils de télévision noir et blanc et couleur mais n'a pas permis de diminuer la largeur de bande nécessitée par le signal des composantes en comparaison avec le signal noir et blanc. Par la réduction de la largeur de bande de chacun des trois canaux, i.e. une perte d'information, le signal des composantes a pu être réduit à un seul canal. Cette compression analogique a donné naissance au signal appelé «composite».

Selon le type d'exploitation des images qu'on retient, on choisira de conserver toute l'information ou de réduire la largeur de bande. C'est pourquoi différents standards ont été développés, qui réduisent plus ou moins fortement la largeur de bande du signal, pris comme un tout: par ex. avec la réduction de trois canaux (component) à deux (S-Video) ou à un seul canal (composite). De même, on a employé des astuces techniques pour pouvoir conserver une image aussi nette que possible même avec une réduction des données. En partant du signal «Y, P_B et P_R» les deux composantes de couleur sont réduites à un seul canal commun, où la moitié de la largeur de bande initiale reste disponible pour chacune d'elles (Y, C). Ce procédé a été à la base de la compression numérique fondée sur une structure d'échantillonnage 4:2:2: un canal avec une densité d'information complète et deux canaux de densité réduite de moitié (les deux composantes de chrominance sont échantillonnées à la moitié de la fréquence d'échantillonnage de luminance). Comme l'information de luminance Y reste disponible avec une résolution complète, et que seules les informations de couleur rouge et bleu sont

réduites, l'impression de netteté de l'image recomposée est préservée. On parle alors de réduction de format 4:2:2 de la largeur de bande, respectivement de sous-échantillonnage de la chrominance. Comme l'image analogique PAL contient par définition 576 lignes actives, la réduction de moitié de la largeur de bande entraîne une diminution de moitié de la résolution horizontale des canaux rouge et bleu. Le canal vert peut être reconstruit avec une résolution complète à partir du signal de luminance. Les différentes options usuelles du sous-échantillonnage de la chrominance pour les images numériques sont décrites en termes similaires (4:2:0, 4:1:1, etc.). On trouvera chez Poynton (2002) une explication détaillée de la nomenclature.

Si un signal est numérisé sans compression après réduction de la largeur de bande, le résultat est certes numériquement non compressé, mais du fait de la réduction déjà survenue à l'état analogique, la qualité du signal est naturellement inférieure à celle issue d'une numérisation opérée à partir de R, V, B ou Y, P_B et P_R.

La construction de l'image vidéo numérique fondée sur des pixels s'oppose à la représentation ligne par ligne d'une vidéo analogique. Lors de la numérisation d'une vidéo analogique au moyen d'un convertisseur A/D, la résolution verticale numérique est indiquée de façon univoque par le nombre de lignes. La résolution horizontale de chaque ligne reste cependant à déterminer par les mêmes procédés que pour d'autres images analogiques, tels les films: le signal analogique continu, qui peut prendre n'importe quelle valeur entre deux bornes, devient un signal avec certaines valeurs quantifiées discrètes. Il est donc nécessaire de définir une fréquence d'échantillonnage et de procéder à une quantification. [▶ chap. 3.4.1].

Si une représentation avec des pixels carrés s'impose, la résolution horizontale se calcule au moyen du nombre de



Photographie originale, TIFF

Taille du fichier 100 %

Compression LZW sans perte

Taille du fichier compressé = 55 % de l'original (rapport de compression)

JPEG 2000, compression sans perte

Taille du fichier compressé = 41 %

LZW = Algorithme Lempel-Ziv-Welch (1984)

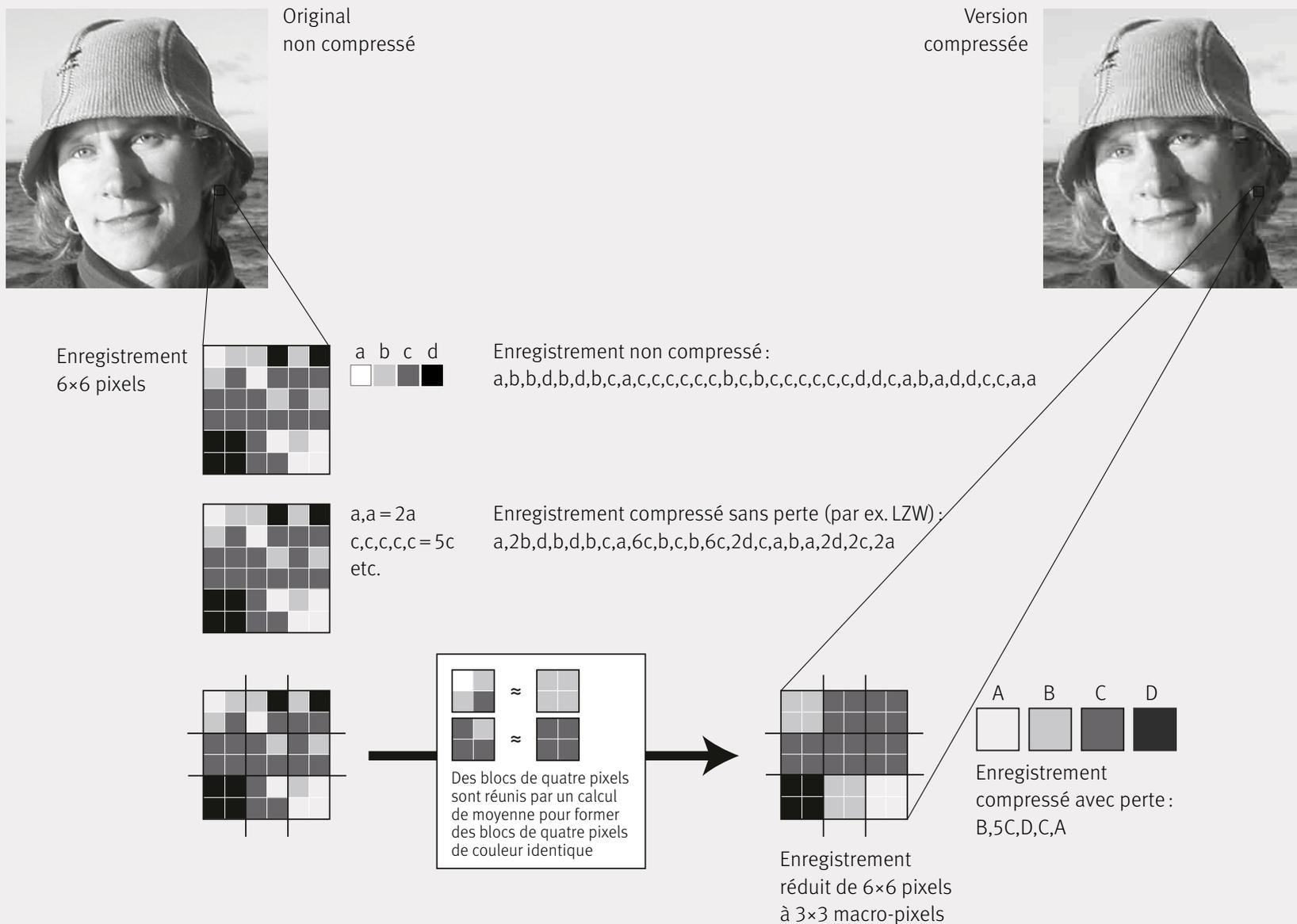
L'efficacité de la compression de données sans perte varie fortement en fonction du contenu de l'image.



Différentes méthodes de compression spatiale sans perte existent. Par exemple, des parties de l'image qui sont juxtaposées et de couleur identique peuvent être traitées et comprimées en bloc. Ceci permet de ne pas décrire chaque pixel avec sa couleur et sa localisation propres, ce qui réduit le volume des données. Dans notre exemple, un secteur de couleur noire est entouré d'une ligne en trait discontinu. Tous les pixels dans cette partie ont la même valeur colorimétrique RVB 0, 0, 0. Les algorithmes de compression sans perte recourent à ces propriétés des photographies.

III. 5: Compression sans perte.

3. TERMINOLOGIE: EXPLICATIONS, DÉFINITIONS ET ILLUSTRATIONS



III. 6 : Compression spatiale.

lignes et du rapport largeur/hauteur des pixels. On obtient pour un signal vidéo PAL une valeur de 768 pixels horizontaux. La résolution de 768×576 (4:3) est certes encore utilisée actuellement mais le signal numérique PAL usuel est indiqué avec une résolution de 720×576 (5:4) et des pixels rectangulaires («non square» en anglais) [▶ chap. 3.3.4.1].

3.2.4 Codec et compression

Le terme «codec» est l'acronyme anglais pour «coder and decoder». L'encodage est la traduction d'une information analogique en un code numérique, par un convertisseur A/D et éventuellement par un compresseur (i. e. un encodeur, constitué d'un convertisseur A/D et d'un compresseur). Le décodage nécessite un décodeur. En présence de données compressées, un expanseur est nécessaire. Un fichier numérique peut, lui aussi, être traité par un encodeur si, par exemple, le signal vidéo a été numérisé sans compression ou déjà généré numériquement mais qu'un fichier MPEG doit être créé pour un DVD. Dans ce cas, on parle de transcodage [▶ chap. 5.4].

Un codec est une instruction de codage ou de décodage de données dans le but de réduire le volume du stream ou du fichier, sans perte ou avec perte. Des codecs spécifiques existeront pour l'image, le son et pour les sous-titres.

Il existe des codecs très différents pour les images animées, selon les besoins d'utilisation de ces dernières (enregistrement, montage, diffusion en ligne dite streaming, archivage, etc.). En effet, les besoins – et le matériel qui y répond – dépendent du cycle de vie d'une vidéo. De nombreuses variantes, de qualité variable, et différentes versions des codecs existent également pour ces mêmes raisons. Différents facteurs, tels que l'espace mémoire, la vitesse de transmission des données et de leur traitement, l'infrastructure disponible et les coûts afférents rendent

généralement impossible l'obtention d'une qualité maximale à toutes les étapes du cycle de vie.

La coexistence de divers codecs et formats de données sert aussi les intérêts de l'industrie à détenir des formats propriétaires qui lui assurent un contrôle commercial et une clientèle dépendante.

La compression sans perte («lossless compression» en anglais) qualifie la compression où le fichier compressé qui en résulte est idéalement plus petit que le fichier source mais où l'information est restée identique après le codage, étant simplement codée autrement.

Si des données ont été éliminées lors du codage ou transcodage, il s'agit d'une compression avec perte («lossy compression» en anglais). La compression est souvent imperceptible ou difficilement décelable à l'œil nu, bien qu'une réduction massive d'information ait pu être effectuée au niveau des données lors de la compression. La «visually lossless compression» n'est pas définie, elle repose sur la perception subjective. C'est pourquoi ce type de compression n'est pas approprié pour des copies destinées à l'archivage à long terme. Tout au plus se prête-t-il à des copies d'utilisation.

Pratiquement tous les codecs ont un algorithme de compression à la base. Les algorithmes peuvent se différencier fortement les uns des autres : il existe ainsi des procédés pour compresser les images elles-mêmes (compression Intraframe [▶ illustration no. 4 p. 12]) et certains qui compressent une séquence d'images (compression Interframe).

Selon le type de codec, il est possible d'ajuster le taux de compression ou le débit des données, c'est pourquoi la mention du codec employé ne permet pas d'en déduire sans autre le type et l'intensité de la compression utilisée, qui doit donc être mentionnée explicitement. La palette de codecs est continuellement élargie pour augmenter leur

efficience et les adapter à de nouveaux usages ; cette réalité explique aussi le risque d'obsolescence, lequel importe dans l'archivage à long terme et concerne justement les fichiers.

Le conteneur enregistre les données codées par le codec et opère ainsi la liaison entre l'image, le son et d'autres informations. Le conteneur est, entre autres, responsable de la transmission synchrone au player des données image et son. Il coordonne donc le travail des codecs vidéo et audio. Les conteneurs contiennent entre autres les éléments suivants :

- codec et données vidéo
- codec et données audio
- codec et données des sous-titres

3.3 Format

Le terme de format est souvent employé de façon imprécise et pour différentes choses dans le domaine des médias. Pour éviter toute confusion et tout malentendu, nous définissons ici quelques notions.

3.3.1 Format des médias

De nos jours, tous les moyens techniques de communication de masse entre les êtres humains sont généralement désignés comme médias, qu'il s'agisse de la radio, de la presse, d'internet, etc. Dans le domaine audiovisuel, on entend par « média » la forme technique du moyen de communication. Exemples : vidéo, film, fichier.

3.3.2 Format de film

Le format de film désigne dans la technique cinématographique une norme technique, établie par les mesures suivantes :

- la largeur du film et la perforation de la pellicule ;
- les dimensions de l'image fixe (rapport largeur/hauteur) ;
- le nombre de perforations ;

- le sens du déroulement du film dans la caméra cinématographique (vertical ou horizontal) ;
- la fréquence des images (images par seconde, en anglais «Frames per Second», fps).

Exemples : Super 8, 16 mm, 35 mm

Sont considérés comme formats de films professionnels le 35 mm et le Super 16 ainsi que les formats plus larges que le 35 mm. Les formats de films 8 mm, Super 8, 9,5 mm et 16 mm sont désignés comme des petits formats pour films amateurs. Même le film «normal» de 16 mm a été considéré comme un format d'amateur lors de son introduction en 1923, mais accéda ensuite et jusqu'à l'arrivée du Super 16 au rang de format professionnel : il fut par ex. utilisé en télévision comme format de production pendant des décennies.

3.3.3 Format vidéo

Le format vidéo est un terme générique. Il désigne d'une part les différents supports de données – cassettes, bobines ouvertes – avec leurs spécificités propres, et est d'autre part aussi employé pour désigner des fichiers. Ces derniers sont décrits plus précisément au moyen des termes «conteneur» et Codecs.

Les dimensions et normes techniques suivantes définissent un format vidéo :

- type de moyen de stockage : cassette, bobine ouverte, disque, etc. ;
- type de procédé de stockage : optique, magnétique, magnéto-optique ;
- type d'enregistrement, signal spécifique (par ex. U-matic Low Band vs. High Band, DVCAM vs. DV ;
- fréquence d'images et échantillonnage (nombre d'images par seconde, en anglais «Frames per Second», fps ; balayage entrelacé ou progressif) ;

3. TERMINOLOGIE: EXPLICATIONS, DÉFINITIONS ET ILLUSTRATIONS

Format	Entrelacé/ Progressif	Rapport largeur/ hauteur en pixels		Représentation (pixels virtuels)	
SD PAL	e, p	720 × 576* (5:4)		4:3 (768 × 576)	
Anamorphosé		720 × 576		16:9 (1024 × 576)	
Letterbox		720 × 434		16:9 (1024 × 576)	
SD NTSC	e, p	640 × 480** (4:3)		4:3 (640 × 480)	
Standard plus moderne		720 × 480 (3:2)		4:3 (640 × 480)	
HD «Full HD»	e, p	1920 × 1080 (16:9)		16:9 (1920 × 1080)	
HD	p	1280 × 720 (16:9)		16:9 (1280 × 720)	
HDV «Full HD» anamorphosé	e	1440 × 1080 (4:3)		16:9 (1920 × 1080)	

* Le nombre total de lignes dans le format SD PAL est de 625. Seules 576 lignes sont utilisées pour l'information liée à l'image.

** Le nombre total de lignes dans le format SD NTSC est de 525. Seules 480 lignes sont utilisées pour l'information liée à l'image, voire 486 dans certains formats vidéo. Les formats standards 4:3 sont usuels lors d'un échantillonnage horizontal avec le format SD NTSC.

III. 7: Comparaison des densités d'information stockée pour les formats vidéo courants.

3. TERMINOLOGIE: EXPLICATIONS, DÉFINITIONS ET ILLUSTRATIONS

	Film de rapport 4:3	Surface occupée par l'image	Film de rapport 16:9	Surface occupée par l'image
2K 2048 × 1556 1:1.31 (4:3)		2048 × 1556 (100%)		2048 × 1152 (74%)
2K DCP 2048 × 1080 ca. 17:9		1440 × 1080 (72%)		1920 × 1080 (94%)
Full HD 1920 × 1080 16:9		1440 × 1080 (75%)		1920 × 1080 (100%)

Ill. 8: Comparaison pour les standards 2K, DCP 2K et Full HD de l'utilisation des surfaces des films d'un rapport 4:3 et 16:9. Les techniques du film et de la vidéo ont engendré une multitude de formats. La flexibilité de la représentation numérique des images a encore élargi les possibilités et donc le nombre de standards. Le fait que le cinéma et la télévision aient évolué ces trente dernières années du rapport 4:3 au rapport 16:9 se répercute sur les standards vidéo courants de Standard Definition (SD) et d'High Definition HD ainsi que sur leur résolution en pixels. Le rapport de largeur/hauteur en pixels ne concorde souvent plus avec le rapport largeur/hauteur de la représentation. Le chapitre 3.3.4.1 donne plus d'informations à ce sujet.

Dans la technique cinématographique, l'arrivée de la numérisation a entraîné une définition des standards 2K et 4K pour l'image numérisée de film. 2K et 4K se rapportent à la surface maximale entre les perforations d'une image de film 35 mm et indiquent 2056 voire environ 4112 pixels horizontaux. Le film classique de 35 mm, qui s'étend sur 4 perforations, a un rapport de 4:3, d'où la surface de 2056×1536 pixels pour le standard 2K et de 4112×3072 pour 4K. Les standards de projection numériques modernes pour le cinéma sont appelés 2K DCP et 4K DCP mais se rapportent à une image dont le rapport est presque celui du 16:9. Elles mesurent 2056×1080 pixels pour 2K et 4112×2160 pour 4K. Ceci peut créer des confusions car les deux options 2K et 4K ne sont pas optimisées pour le même rapport largeur/hauteur. L'illustration 6 montre la problématique en détail.

- dimensions de l'image et rapport largeur / hauteur (Standard Definition SD vs. High Definition HD).
Exemples: Betacam SP PAL, HDV 1080i ou HDV 720p

3.3.4 Format d'image (= rapport largeur/hauteur)

Le format d'image décrit : (1) le rapport largeur/hauteur d'une image, soit par exemple : 16:9, 4:3 pour la vidéo ou 1,37:1 et 1,66:1 pour le film etc. ; et (2) le type de projection optique de l'image, soit la projection d'une image sphérique ou anamorphosée (*ayant subi une déformation réversible*).

Nous utiliserons dans la suite du document l'expression «rapport largeur/hauteur».

Le rapport largeur/hauteur diffère selon les médias audiovisuels. Le transfert d'un média audiovisuel à un autre média (par exemple le transfert du film à la vidéo) peut entraîner un transfert dans un autre rapport largeur/hauteur. L'exemple le plus courant de cette transformation, est le transfert d'une image d'un format vidéo de rapport 4:3 à un format de rapport 16:9. Le transfert peut s'opérer de différentes manières :

- transfert direct (= Curtains, Pillar / Letter Box, avec ou sans un reflet flou)
- agrandissement et rognage (suppression de la partie supérieure et inférieure de l'image, en anglais «cropping»)
- pan & scan («pivoter et découper», recadrage avec suppression variable)
- distorsion (perte des proportions correctes)

Chacune de ces solutions présente des avantages et désavantages. Le choix du bon procédé exige d'être bien informé et de tenir compte de l'utilisation concrète.

Ni le hasard ni un manque de connaissances ne doivent être les principaux facteurs décisionnels.

La conservation du rapport largeur/hauteur et la transmission complète de l'information de l'image sont indispen-

sables à la conservation, de sorte que seule l'intégration au format 16:9 (ainsi que la conservation du rapport largeur/hauteur dans le master de conservation) convient aux originaux de rapport 4:3. La surface totale de l'image reste ainsi conservée avec un rapport largeur/hauteur correct pour des utilisations futures [● illustration n° 7+8, p. 18 sq.].

Si une image est transférée dans un format de rapport plus large sans coupure ni rognage, des bandes noires sont engendrées à gauche et à droite (Pillar Box, Curtains). Lors d'un transfert dans un format de rapport moins large (Letterbox), les bandes noires apparaissent en haut et en bas.

3.3.4.1 Optique sphérique

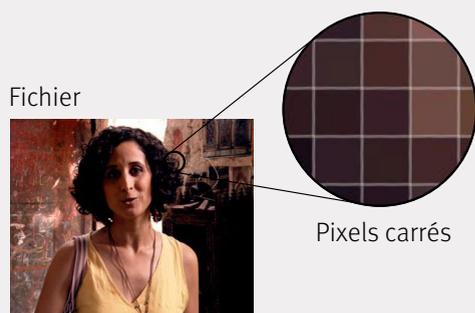
Une optique sphérique crée une image sphérique qui n'a pas subi de déformation, au contraire de l'optique anamorphique. Les optiques sphériques tirent leur nom de la forme de leurs deux surfaces qui correspond à la découpe d'une boule (*du grec «sphaira» = balle, boule, sphère c(éleste)*), ce qui lui confère, entre autres caractéristiques, une symétrie rotationnelle.

Des aberrations, et particulièrement l'aberration dite sphérique, se produisent lors de l'utilisation d'objectifs sphériques et peuvent être corrigées dans les objectifs modernes par de légères modifications de la forme de leur surface. Les objectifs ainsi corrigés sont appelés asphériques. Contrairement aux objectifs anamorphoseurs, les objectifs asphériques ont une forme qui ne varie que très légèrement de la forme de la surface sphérique.

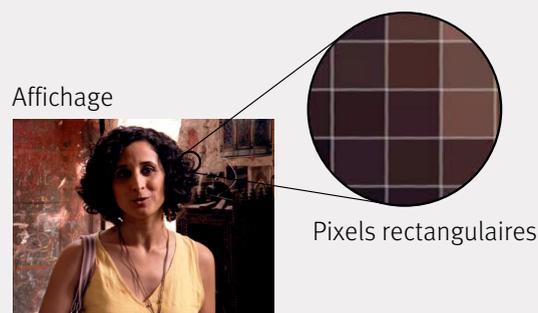
La copie d'un film cinéma est souvent désignée en anglais par l'expression «Spherical 35 mm Print », ce qui signifie que les copies peuvent être projetées correctement sans recourir à des objectifs anamorphoseurs. La «Spherical Print» d'un film en CinemaScope est coupée horizontalement, dans un rapport largeur/hauteur de 4:3 ou de 16:9

3. TERMINOLOGIE: EXPLICATIONS, DÉFINITIONS ET ILLUSTRATIONS

SD PAL

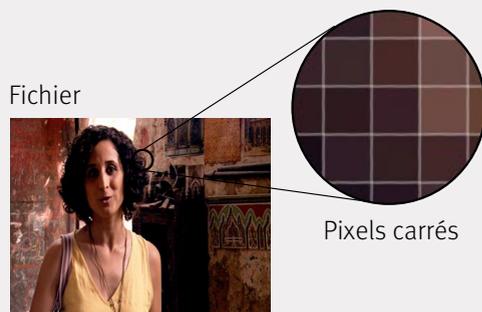


Rapport largeur/hauteur 5:4
720 × 576 pixels

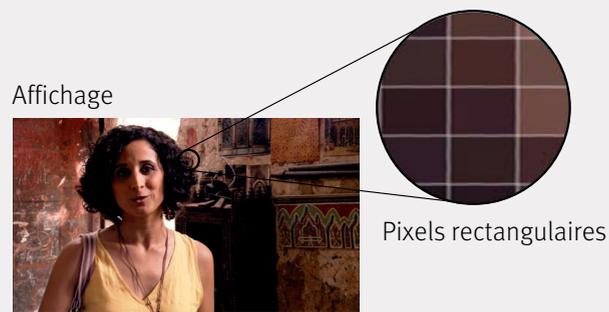


Rapport largeur/hauteur 4:3
720 × 576 pixels

HDV



4:3
1440 × 1080 pixels



Rapport largeur/hauteur 16:9
1440 × 1080 pixels

CinémaScope



Reproduction à travers l'objectif anamorphoseur utilisé pour les films dans un format CinémaScope

Ill. 9 : Représentation de pixels carrés et rectangulaires, et de leurs équivalents dans la technique cinématographique classique.

(«format large», dit «Widescreen») lors de la projection, ou en mode «boîte à lettres («Letterbox»), avec une image dont la surface est moindre.

3.3.4.2 Optique anamorphique

Le vocable «anamorphique» tire son origine de la racine verbale grecque «transformer». Il désigne en optique les objectifs qui déforment l'image d'un objet.

La technique cinématographique classique recourt principalement aux objectifs anamorphoseurs, qui écrasent ou étirent l'image dans un sens donné. C'est ainsi que les images larges de format CinemaScope, filmées sur des pellicules 35 mm et projetées avec le rapport largeur/hauteur prévu, seront d'excellente qualité lors de leur projection (🔴 illustration n° 9, p. 22).

Le film 35 mm avec une piste sonore optique est conçu pour une dimension maximale d'image de 21,9 mm de large et de 18,6 mm de hauteur lors de la projection, ce qui correspond à un rapport largeur/hauteur de 1,18:1. L'image CinemaScope peut être produite avec un rapport largeur/hauteur de 2,35:1 en recourant lors de l'enregistrement à une optique qui écrase horizontalement l'image dans un rapport 2:1 lors de la prise de vue et l'étire horizontalement dans un rapport 1:2 lors de la projection. La projection non déformée d'une image au rapport 2,35:1 causerait une très mauvaise utilisation de la surface du film (mode boîte à lettres).

La stratégie décrite ci-dessus a été reprise pour l'enregistrement des images animées. Le rapport largeur/hauteur des capteurs de la caméra ne correspond souvent pas aux exigences changeantes sur le rapport largeur/hauteur du format de publication ; les caméras doivent pouvoir enregistrer différents rapports largeur/hauteur. Il a donc fallu développer plusieurs solutions qui recourent aussi bien à

l'emploi d'objectifs anamorphoseurs qu'à la déformation et à la correction des images grâce au procédé numérique du changement d'échelle. Les images numériques qui sont stockées dans un rapport largeur/hauteur différent du rapport dans lequel elles sont représentées, sont aussi désignées comme des pixels non carrés [🔴 chap. 3.3.4.3].

Les vidéos stockées dans un rapport largeur/hauteur différent du rapport prévu pour leur diffusion voient habituellement ce rapport être corrigé par le software-player pendant la projection au moyen d'un changement d'échelle numérique pendant . Le player doit pour ce faire disposer des métadonnées relatives au rapport largeur/hauteur prévu pour la projection. Ces informations peuvent être enregistrées dans l'en-tête du fichier (header) ou dans les métadonnées du Container [🔴 chap. 3.3.5]. Il arrive que ces informations ne concordent pas; dans ce cas, les players, selon le type de logiciel, utiliseront ou traiteront prioritairement l'une ou l'autre des deux informations.

3.3.4.3 Pixels carrés (square) et pixels rectangulaires (non-square)

Les pixels (de l'anglais «picture element») sont en principe des éléments carrés («square») constitutifs d'une image numérique. Chaque pixel a une valeur colorimétrique ou une échelle de gris. Le rapport largeur/hauteur d'une image représentée au moyen de pixels se calcule sur la base de la totalité des pixels en largeur et de la totalité des pixels en hauteur, divisés par le plus grand commun dénominateur des deux nombres.

Par ex. : «Full HD», largeur : 1920 pixels,
hauteur : 1080 pixels
= 1920/120:1080/120
= 16:9

Certains formats vidéo, lorsqu'ils sont enregistrés sous forme de fichier, ne conservent cependant pas le rapport largeur/hauteur de pixels dans lequel ils sont représentés. Par ex. : SD PAL, largeur : 720 pixels, hauteur : 576 pixels
 $= 720/144:576/144$
 $= 5:4$

Le rapport largeur/hauteur de représentation est 4:3.

Dans ce cas, on parle de pixels rectangulaires («non-square»), car la représentation doit étaler les pixels horizontalement, pour passer du format 5:4 à la représentation de rapport 4:3. L'étendue de l'allongement est dans le cas du SD PAL de 6,66 %. La densité d'information stockée dans l'image reste la même, les pixels ne sont cependant carrés, mais rectangulaires.

Si ce type de représentation est utilisé pour le SD PAL, c'est que ce dernier trouve son origine dans la technique vidéo classique. Pour les formats vidéo HD, c'est une autre façon d'économiser de l'information, soit une forme de compression.

Tous les projecteurs et moniteurs d'usage courant aujourd'hui représentent en principe toujours les images numériques au moyen de pixels rectangulaires. Si le fichier contient des pixels carrés, la carte graphique devra les convertir.

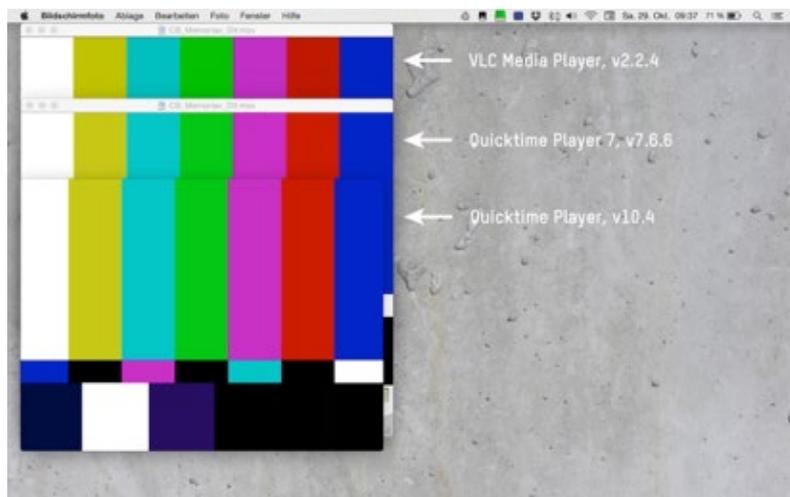
3.3.5 Format de fichier

Le format de fichier est le code numérique, dans lequel l'information contenue est enregistrée. La connaissance du format de fichier est essentielle pour l'interprétation de l'information stockée dans un fichier. Les contenus des fichiers numériques ne se laissent pas identifier par une simple consultation des données. Il faut ainsi toujours une aide à la traduction pour prendre connaissance du contenu. Sans cette identification (il peut s'agir d'une simple termi-

naison de fichier comme par ex. <.dv>, <.bmp>) et sans l'infrastructure appropriée, l'information n'est qu'une masse inutile de nombres binaires. Les systèmes d'exploitation modernes associent au moyen de ces formats les fichiers à des applications qui peuvent les interpréter. Il existe des formats de fichiers qui peuvent englober divers types de fichiers. Ces formats sont appelés formats conteneurs ou Wrapper. Dans le domaine audiovisuel, les conteneurs peuvent comprendre différents codecs et flux audio et vidéo.

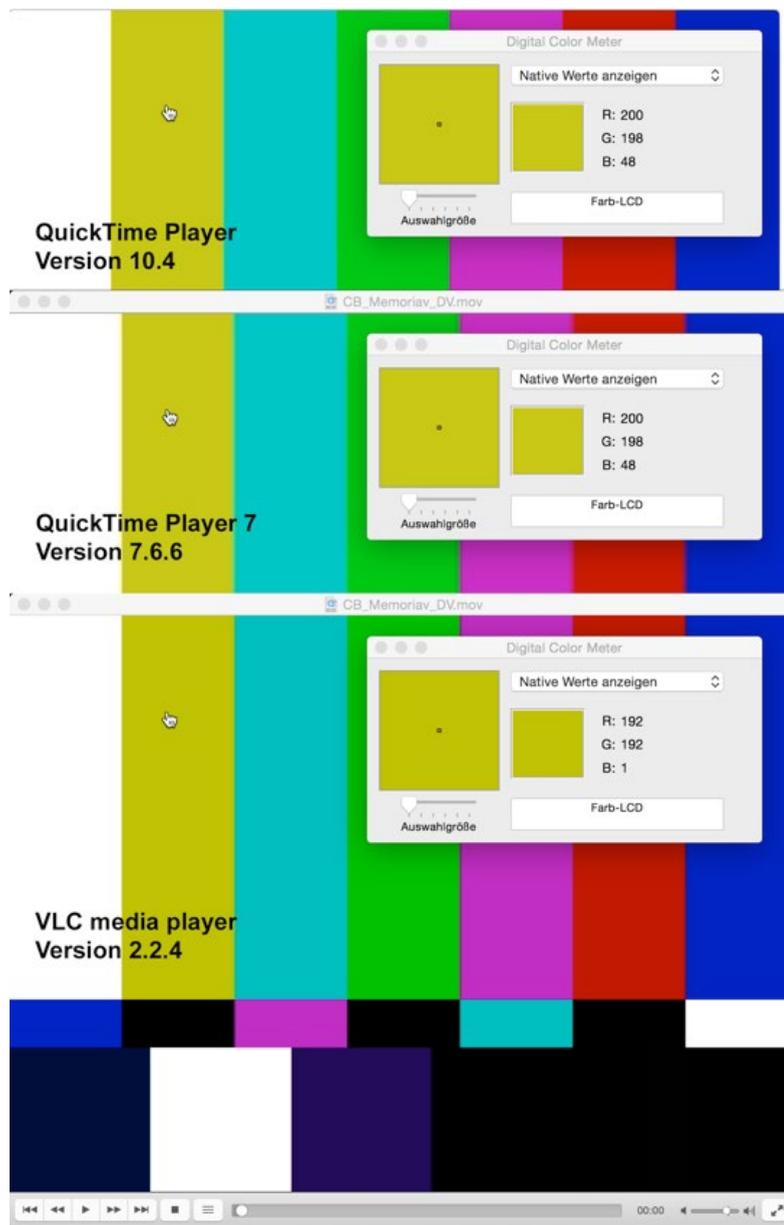
Il existe des formats de fichiers qui peuvent englober divers types de fichiers. Ces formats sont appelés formats conteneurs (ou Wrapper). Dans le domaine audiovisuel, les conteneurs peuvent comprendre différents codecs [▶ chap. 3.2.4 Codec, Container et compression] et flux [▶ chap. 3.4.2 Stream], c'est-à-dire des images et du son dans différents codecs ainsi que des informations supplémentaires comme les codes de synchronisation temporelle (Timecodes), les sous-titres et les métadonnées, selon le type et la flexibilité du container.

Il est rare de rencontrer des formats de fichiers purs, à l'exemple d'un .AIFF ou d'un .DV. Il s'agit le plus souvent d'un format conteneur comme par exemple un fichier audio PCM dans un Wave-Container avec la terminaison .wav/WAV ou d'un fichier vidéo avec un codec DV dans un QuickTime-Movie-Container avec la terminaison .mov/MOV. Les formats conteneurs sont utilisés dans le but de pouvoir stocker divers éléments (par exemple divers codecs, images fixes, Timecodes) dans un seul fichier, pour rendre possibles des représentations multimédias. L'archivage exige aussi le stockage de fichiers numériques annexes, par exemple la sauvegarde dans un container des fichiers textes contenant les métadonnées avec les fichiers image et son. Le conteneur MXF offrira cette possibilité mais ce n'est de loin pas le cas de tous les formats de conteneur.



Ill. 10 : Les software-player offrent différentes priorisations des métadonnées, par exemple du codec vidéo, par rapport aux métadonnées du conteneur. Une conséquence en est, par exemple, la largeur de représentation différente pour un même et seul fichier.

En règle générale, il faut savoir que les conteneurs, comme les codecs, doivent être sélectionnés avec soin pour bien fonctionner avec l'infrastructure à disposition ou qui sera prévue (systèmes d'exploitation, logiciels de lecture et de traitement, etc.). Le QuickTime-Player n'est ainsi plus soutenu depuis 2016 sur les systèmes d'exploitation Windows, ce qui nécessite de passer à d'autres logiciels de lecture (software-player) pour assurer la restitution de vidéos issues des conteneurs QuickTime-Movie (MOV). Or, le cas échéant, ces logiciels ne soutiendront pas tous, les fonctionnalités originelles prévues pour la lecture des vidéos. Passer d'un conteneur à un autre exige également, au même titre que les transcodages [▶ chap. 5.4 Codecs et transcodages], un très bon contrôle car le risque reste permanent que d'importantes métadonnées (par exemple le rapport largeur/hauteur ou l'espace chromatique), d'importants éléments (par exemple le Timecode) ou



Ill. 11 : Les bibliothèques de codecs spécifiques auxquelles recourent les software-player sont une autre particularité, essentielle, qui différencie ces logiciels de lecture les uns des autres. L'usage de telle ou telle bibliothèque de codecs expliquera les différences de couleur dans les représentations d'un fichier pourtant identique.

certaines caractéristiques (par exemple la fréquence des images) soient perdues dans le processus.

Les fonctionnalités spécifiques aux différents logiciels de lecture diffèrent les unes des autres: par exemple, avance et retour de lecture, commande des images fixes, représentation du niveau sonore, du Timecode et autres options spéciales de représentation. Hormis les différences de fonctionnalités, la représentation peut aussi être différente en fonction de la combinaison choisie pour le software-player, le codec et le conteneur [▶ illustrations 10 et 11].

3.3.6 Format d'archivage, format d'utilisation

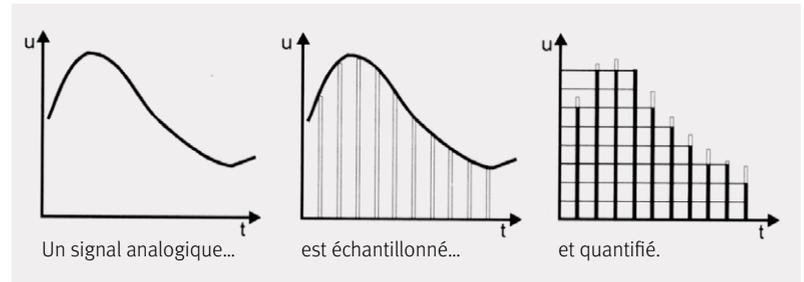
Le cycle de vie d'une œuvre audiovisuelle peut se diviser grossièrement entre les secteurs d'activités suivants: enregistrement, post-production, distribution/exploitation et archivage. Une palette sur mesure de formats de fichiers existe pour chaque type d'activité. Ces formats peuvent être attribués aux secteurs d'activité comme suit:

3.3.6.1 Format d'enregistrement

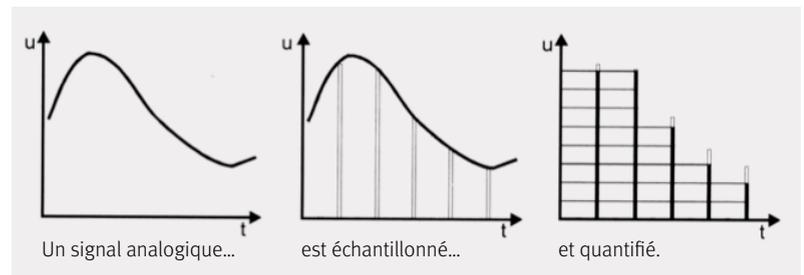
Le format d'enregistrement est le format de fichier ou le format vidéo analogique, dans lequel les images sont enregistrées pendant le tournage ou la prise de vue vidéo. Il détermine le cadre maximal de la qualité de l'image et de l'esthétique.

3.3.6.2 Format de post-production

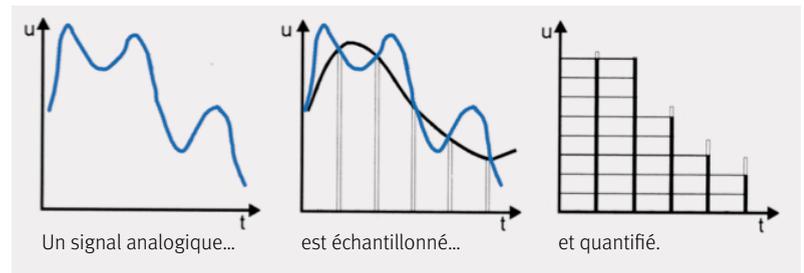
On l'appelle aussi format de traitement car il s'agit des formats de fichier dans lesquels la vidéo va être traitée (montage, réglage de la lumière, effets spéciaux etc.). La qualité du matériel originellement à disposition peut être amoindrie lors de la post-production si des programmes et des codecs sont inadéquats. Le maillon le plus faible de la chaîne détermine la qualité du produit final. Ne jamais



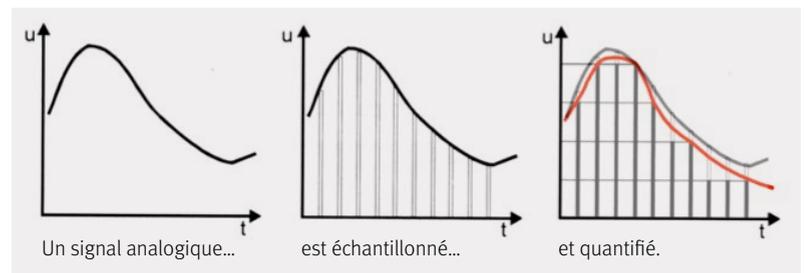
III.12a: Échantillonnage à une cadence élevée.



III.12b: Échantillonnage à une cadence faible.

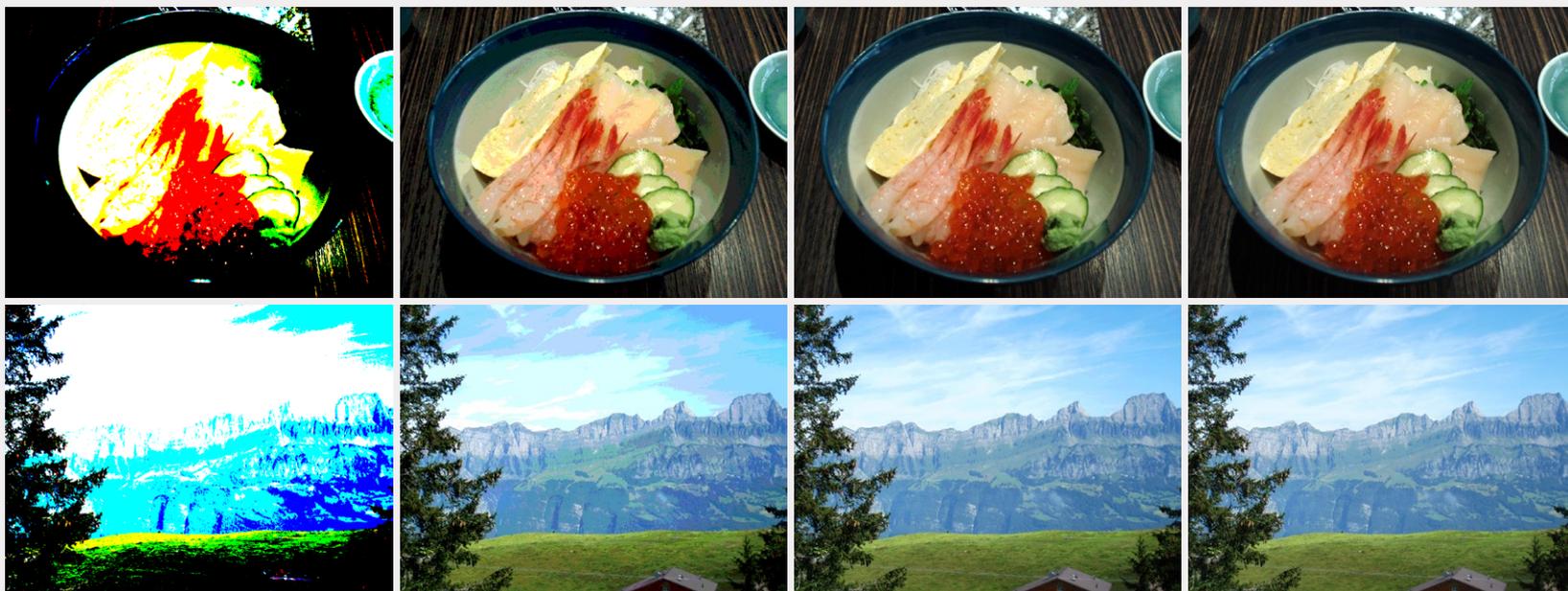


III.12c: Si la cadence de l'échantillonnage est trop lente, la reproduction du signal sera mauvaise.



III.12d: Si le nombre de niveaux de quantifications est réduit, c'est avant tout l'amplitude qui sera mal reproduite.

3. TERMINOLOGIE: EXPLICATIONS, DÉFINITIONS ET ILLUSTRATIONS



1 bit par canal couleur:
 $2^1 = 2$ tons de couleur par canal
total $2^3 = 8$ tons de couleur

3 bits par canal couleur
 $2^3 = 8$ tons de couleurs par canal
total $8^3 = 512$ tons de couleur

5 bits par canal couleur
 $2^5 = 32$ tons de couleur par canal
total $32^3 = 32\,768$ tons de couleur

8 bits par canal couleur
 $2^8 = 256$ tons de couleur par canal
total $256^3 = 16\,581\,375$ tons de couleur

Ill. 13: Le nombre de bits des canaux de couleur détermine la qualité des images numériques. Le nombre de bits pour représenter les couleurs d'une image est généralement indiqué séparément de l'information sur la compression employée. À l'instar de la résolution spatiale, ce n'est pas une compression ; le nombre de bits indique la limite de la qualité de l'information colorimétrique pendant le processus de numérisation. Cette quantification a une forte influence sur la qualité de l'image. Si le nombre de bits est moindre, même une image non compressée sera pourvue d'une qualité optique déficiente. Les images représentées ci-dessus sont toutes non compressées. Leur qualité est définie par la quantification spatiale (largeur des pixels), la résolution (identique pour tous les exemples) et le nombre de bits par canal de couleur.

diminuer la qualité du format d'enregistrement, à quelque étape du traitement, est le cas idéal. On parle de formats «mezzanine», dans le contexte de l'archivage, pour les formats qui ne contiennent pas toute l'information mais néanmoins assez pour qu'on puisse la traiter (par ex. réglage de la lumière ou montage), sans que les défauts n'apparaissent sur l'image. Les formats «mezzanine» les plus courants sont par ex. Apple ProRes 422 HQ et ProRes 444 ou Avid DNxHD et DNxHD444.

3.3.6.3 Format d'utilisation

Il peut s'agir de divers formats de fichiers, généralement fortement compressés, qui ont été optimisés pour le visionnement dans un contexte particulier: commercialisation et projection dans des cinémas, diffusion à la télévision, projections publiques ou à domicile, consultation sur le web. La qualité peut varier, du niveau cinéma IMAX jusqu'à une qualité Youtube très modeste. Le format d'utilisation permet par ex. un visionnement à la bonne vitesse mais il ne peut pas être retravaillé ou alors avec une très mauvaise qualité; un nouveau réglage de la lumière (correction des couleurs) s'avère quasi impossible. De nombreux termes sont utilisés couramment selon le contexte: dans les cinémathèques, cinémas et musées, il sera question de format ou de copie de visionnement, de projection ou de distribution («dissemination copy»). Dans des services d'archives, on parlera de copie d'utilisation, de consultation ou de circulation, si tant est qu'on ne recourt pas au terme encore plus général de DIP (Dissemination Information Package) du modèle OAIS.

3.3.6.4 Format d'archivage

Le format d'archivage est le format dans lequel les vidéos, les films et les documents sonores sont sauvegardés et traités

de façon à rester utilisables le plus longtemps possible. Le «master» de conservation ou «master archivé», soit le fichier qui devra être durablement archivé et pris en charge par le service d'archives, sera enregistré dans un format d'archivage. Il devrait idéalement conserver la totalité de l'information qui a été produite pendant la numérisation. Mais comme les scanners de films engendrent des formats intermédiaires propriétaires, ceux-ci doivent être convertis dans un format normalisé. Pour le cinéma, on utilise à présent généralement l'espace chromatique RVB avec l'échantillonnage 4:4:4, tandis que pour la vidéo et la télévision, la règle est l'espace Y'C_BR_R, avec un échantillonnage 4:2:2. Il est important dans le format d'archivage de documenter avec précision l'emplacement du blanc dans l'espace chromatique.

Nota bene: les masters archivés ne sont pas destinés à la projection. Chaque visionnement/utilisation induit une usure du master respectivement contient le risque d'engendrer des erreurs ou des dommages suite à une manipulation incorrecte (pertes de données).

3.4 Numérisation

Dans le domaine audiovisuel, la numérisation signifie la conversion d'un signal analogique en un code numérique au moyen d'un convertisseur A/D. Le terme est utilisé souvent de façon imprécise dans le langage courant – pour désigner par ex. la création de fichiers ou en général pour le traitement de plus en plus purement numérique des médias audiovisuels. Le terme est aussi confondu avec le terme anglais «ingest», lequel n'est cependant synonyme que dans certains cas (▶ la définition dans le glossaire). Un transcodage (conversion des données d'un code à un autre) n'a aussi lieu que dans des cas particuliers.

3.4.1 Codage numérique

La numérisation de signaux vidéo et audio se déroule en trois étapes: tout d'abord l'échantillonnage, dit *sampling*; puis l'attribution d'une valeur (quantification). Une suite de valeurs numériques est produite dans la troisième étape. Il y a donc une grille temporelle (t) et une grille de valeurs (u). La résolution de la grille temporelle est appelée «période d'échantillonnage». Plus les intervalles temporels, où des valeurs sont sélectionnées, sont petits, plus la fréquence d'échantillonnage est élevée. Le nombre de bits par échantillon [▶ illustration n° 13 p. 26] désigne la résolution de la grille de valeurs (u). La fréquence d'échantillonnage et le nombre de bits par échantillon déterminent tous deux conjointement la qualité de la numérisation du signal analogique.

3.4.2 Stream

Les termes de *stream*, *streaming* (flux) sont employés généralement pour: (1) le *bit stream*, une séquence de bits, qui chacun, différent selon le codec ou le format de fichier, représente une information, mais aussi pour: (2) le *streaming vidéo*, soit la diffusion en continu d'un flux vidéo. Le *bit stream* (1) est le transfert continu de bits à travers un canal de transmission. Le débit binaire définit la quantité d'information par unité de temps et indique la taille du flux. Dans le cas du *streaming* (2), un fichier de médias peut être consulté en se connectant à un réseau sans que tout le fichier n'ait à être téléchargé au préalable et sans que le fichier soit sauvegardé sur l'appareil cible.

3.4.3 Support de données

Les supports magnétiques ou optiques peuvent être destinés à un format vidéo spécifique ou supporter tout type de données numériques. Les deux variantes existent générale-

ment pour un type particulier de support. Le support de type cassette du format vidéo Betacam SP, par ex., a été employé plus tard, dans une forme physique identique, pour la Betacam Digital et pour la bande de stockage des données DTF (Digital Tape Format de Sony). Les appareils de lecture reconnaissent les différents médias à l'aide d'entailles (en anglais «notches», «Kerben» en allemand) ou trous disposés à des endroits précis de la cassette. Les non professionnels ne distingueront pas une cassette d'une autre sinon grâce à leur code couleur [▶ le chap. 4.2 pour l'identification de supports et de formats de fichiers particuliers]. De même, la personne qui aura gravé elle-même un CD-R et un CD audio ne verra pas la différence. Ce n'est qu'avec l'aide d'un appareil de lecture que la forme du contenu pourra être identifiée. Des supports différents peuvent donc avoir une apparence extérieure identique ou très difficile à distinguer, d'où le recours à différentes techniques d'écriture et de lecture.

Certains supports se laissent lire avec les mêmes lecteurs de disque, d'autres non. Le tableau suivant présente quelques exemples de supports, spécifiques et non spécifiques, ainsi que de leurs propriétés :

Supports spécifiques	Supports non spécifiques
Propriétés	
Un seul format de fichier stockable	Plusieurs formats de fichier stockables
Formats analogiques et numériques	Formats numériques uniquement
Lecture directe	Lecture directe soumise à conditions
Exemples	
Vidéo DVD	DVD-R
Cassette Digital Betacam	DTF-Datatape
Film cinéma 35 mm	Reproduction des données sur pellicule

Une vidéo dans un format DV peut donc être stockée, avec une qualité identique et dans le même format, sur des supports de types différents: par ex. sur une cassette DV ou un disque dur comme fichier <.dv>. Les données sont identiques mais la technique de lecture est différente. Ceci influence automatiquement la perception des images animées stockées. Des caractéristiques différentes, comme par ex. le format vidéo usuel PAL, avec la structure de lignes entrelacées, ne peut pas être simultanément restitué et entendu sur un moniteur moderne destiné à une restitution progressive de l'image, au contraire d'un écran cathodique classique [🔴 chap. 4.4].

3.4.4 Intégrité des données

L'intégrité des données est essentielle pour l'archivage numérique à long terme. Le terme anglais «file fixity», terme issu de la terminologie de la conservation numérique, fait apparaître clairement qu'il s'agit de «fixer» un fichier, d'en empêcher toute modification. La fixité est tout autant une condition indispensable à la transmission authentique des données que la finalité elle-même de l'archivage. Chaque transfert (par des interruptions répétées), chaque utilisation active (par des manipulations incorrectes etc.), ou une sauvegarde statique (par exemple sous forme de «Bit Rot») peuvent modifier, voire corrompre les données. C'est pourquoi le contrôle de l'intégrité des données (en anglais «fixity check») doit être une étape prévue du processus d'archivage lors de chaque transfert; il doit être programmé sous forme de routine (automatisée) dans le serveur de stockage des archives [🔴 chap. 5.3.3]. Des conditions seront idéalement mises en place pour qu'il soit possible de détecter les erreurs aussi bien au niveau des images fixes que des données, par exemple au moyen des sommes de contrôle [🔴 chap. 5.3.3] produites à tous ces niveaux et archivées

conjointement avec les documents. Les services d'archives audiovisuelles, de par le volume très important des données archivées et/ou des tailles des fichiers qu'ils conservent, ont une raison particulière d'établir des mécanismes de contrôle à ces différents niveaux, parce qu'ainsi des ressources considérables en personnel, en temps, en capacité de calcul peuvent être économisées lors des identifications et des corrections des erreurs. Certains conteneurs, tels que (.mkv), ou des codecs tels que le format FFV1 et FLAC offrent habituellement des options qui permettent un contrôle automatisé de l'intégrité des données.

3.5 Métadonnées

Les métadonnées sont produites pendant tout le cycle de vie d'un objet, depuis sa production jusqu'à la création de fichiers se prêtant à l'archivage. C'est pourquoi les métadonnées doivent être bien structurées, pour permettre l'utilisation simple et fiable des composantes afférentes à un emploi particulier. Les métadonnées pertinentes nécessaires à une recherche de contenu se distinguent par exemple des métadonnées liées à un projet de diffusion ou d'édition. Les informations de description, la documentation ou justement les métadonnées elles-mêmes sont essentielles pour la conservation, en particulier la conservation à long terme. Sans métadonnées solides, les documents d'archives en général et particulièrement les fichiers numériques ne se laissent que mal, voire pas du tout, utiliser et traiter.

On peut distinguer, selon leur fonction respective, les métadonnées techniques, descriptives, structurelles et administratives, quoique les frontières soient parfois assez floues.²

² Voir à ce sujet Gregorio et Stepanovic, 2008, KGS Guidelines, 3/2008, p. 13 sq. Cf. la version allemande «elektronischen und multimedialen (...)»

Les métadonnées techniques – comme les métadonnées structurelles dans le cas de fichiers plus complexes – contiennent des informations nécessaires pour lire le contenu du fichier, ainsi que des informations relatives à la création et au traitement du fichier. La quantité de métadonnées techniques varie en fonction de l'infrastructure employée comme du format de fichier et n'est pas explicitement définie. Les métadonnées techniques sont stockées dans l'en-tête du fichier (header). L'en-tête est une section en début de fichier, dans lequel des informations peuvent être fournies en format texte. De nombreuses métadonnées techniques, comme la date de création et de modification d'un document numérique, sont générées automatiquement et ne peuvent plus être modifiées. D'autres métadonnées peuvent être – séparément ou par lot (batch) – créées ou modifiées pour plusieurs fichiers. Chaque format de fichier a ses spécificités et des applications logicielles ad hoc sont nécessaires pour les éditer. Si des métadonnées supplémentaires, telles des métadonnées descriptives, doivent être intégrées, il faut recourir à un format conteneur, dans lequel le fichier audiovisuel est stocké avec ses métadonnées.

Les métadonnées descriptives peuvent contenir tout type d'information sur le contexte (par exemple auteur, date de création) et sur le contenu (par exemple descriptions des images, mots-clés). Elles permettent avant tout de trouver, identifier et comprendre le contenu des fichiers. Elles sont en règle générale saisies dans une base de données descriptive (catalogue, inventaire et autres), stockées et administrées à l'extérieur du fichier audiovisuel. Les métadonnées descriptives peuvent cependant aussi, comme indiqué, être intégrées dans un fichier conteneur en vue d'un archivage à long terme pour renforcer le lien entre les métadonnées et les documents. Idéalement, la saisie

de métadonnées descriptives se fait en conformité avec des règles systématiques et normalisées, c'est-à-dire en utilisant des standards de métadonnées comme Dublin Core, EBUCore, PBCore et autres normes similaires [▶ chap. 5.5.1].

Les métadonnées administratives servent à gérer les documents et peuvent contenir des informations sur les traitements, sur le statut du document et autres éléments y afférents, les droits, la décision d'évaluation et de sélection. En rapport avec la conservation, il faut particulièrement mentionner le standard PREMIS, qui permet de documenter sous une forme structurée des informations relatives à la conservation (état, restaurations, numérisations, etc.). PREMIS est intégré dans le standard Matterhorn-METS, développé en Suisse et appliqué par différentes institutions patrimoniales suisses [▶ chap. 5.5.1].

4.1 Principes de planification

La numérisation et l'archivage numérique doivent être soigneusement planifiés pour être durables, efficaces et sûrs, raison pour laquelle de solides principes de planification sont nécessaires, en partie spécifiques au domaine audiovisuel (technique, obsolescence, infrastructure, coûts, etc.) Au premier chef, il faut se doter d'un inventaire (aperçu du volume et de la structure) et d'une analyse du fonds documentaire qui doit être archivé (formats présents, état, contenu etc.), ne serait-ce que pour pouvoir évaluer ce à quoi on est confronté. Sur la base de cet inventaire et de cette analyse, il faut définir des objectifs (quelle transmission ? quelle utilisation possible ?), établir des concepts d'évaluation, de description, d'archivage à long terme et d'utilisation, ainsi que tous les concepts de sécurité qui en dérivent ; le processus relatif à la numérisation (menée en interne ou externalisée, par ex., formats, qualité, etc.) doit être évalué, les coûts doivent être estimés et des priorités doivent être définies.

La plupart de ces principes dépendent fortement du contexte, il s'ensuit que les décisions doivent être prises en tenant compte de celui-ci et de la marge de manœuvre disponible. En revanche, les principes suivants peuvent être généralisés :

- prendre des décisions sur la base de bonnes informations, qui ne se fondent pas uniquement sur les questions techniques, mais prennent en compte tous les aspects mentionnés et correspondent à la politique institutionnelle ;
- développer en interne des compétences minimales, même si l'on travaille avec un prestataire externe ; le contrôle interne de l'objet livré ou des copies numériques, leur manipulation ainsi que la responsabilité ne se laissent pas externaliser ;

- procéder de façon interdisciplinaire ou en impliquant plusieurs unités organisationnelles. Les responsables des archives doivent mener la planification d'un commun accord avec les responsables de l'infrastructure informatique et ce dès le début.

4.1.1 Numérisation en interne ou externalisation ?

La numérisation ainsi que la conservation de données peuvent en principe être gérées par les institutions patrimoniales elles-mêmes, si l'infrastructure, les connaissances, les ressources financières et humaines sont disponibles ou peuvent être développées. Le volume des médias à numériser doit être suffisamment important pour tirer profit d'une économie d'échelle, qui justifiera pareille démarche et l'effort consenti ; il faut sinon mandater des prestataires commerciaux, fiables et spécialisés. Il est cependant difficile de définir concrètement une «masse critique», car elle dépend de différents éléments :

- volume du fonds et croissance attendue en documents audiovisuels (mandat, concept de collection, «domaine de compétence», etc.) ;
- ressources en personnel (compétences, temps nécessaire, formation et formation continue du personnel) ;
- infrastructure technique (capacité, maintenance) ;
- possibilités financières et sécurité (investissements durables et coûts de fonctionnement – quels médias et quels supports peuvent être traités dans un service d'archives ?) ;
- infrastructure des locaux (espace, climat) ;
- diversité des médias et supports (homogénéité) ;
- numérisation comme projet de courte durée ou tâche courante de moyenne à longue durée ?

Sur le site web de Memoriav, vous trouverez une liste des prestataires du secteur audiovisuel ainsi que des informations utiles pour l'attribution de mandats.

4.1.2 Contrôle de qualité

Le contrôle de qualité joue dans le cadre de la numérisation et de l'archivage numérique des films et vidéos un rôle extrêmement important : il doit être prévu dans les processus de travail correspondants car il existe de nombreuses sources d'erreurs potentielles qui ne sont pas rapidement ni simplement identifiables. Ceci indépendamment du fait que la numérisation soit menée en interne ou externalisée. En cas de prestations externes, le contrôle de qualité doit faire l'objet d'un accord concret dans les documents liés au contrat de mandat (cahiers de charge etc.) et l'institution qui attribue le mandat doit disposer des procédés et outils permettant de contrôler les objets livrés. Ce chapitre donne quelques directives générales ainsi que des recommandations spécifiques pour la conduite du contrôle de qualité.

Les buts essentiels du contrôle de qualité lors de la numérisation de documents audiovisuels consistent à assurer la conservation de longue durée des documents resp. la saisie d'informations relatives à la planification de la préservation, permettant ainsi leur archivage. Les critères du contrôle de qualité en lien avec cet objectif sont donc différents des critères de contrôle de la qualité d'une production ou post-production (comme c'est le cas dans le choix des formats). Cet aspect est aussi particulièrement important lors du choix et de la mise en œuvre des outils (hardware et software), car tous les outils n'examinent pas les mêmes paramètres. Les critères de qualité pour les mesures de conservation visent ainsi à assurer l'authenticité de la transmission et non la plus belle qualité possible pour l'image.

Le contrôle de qualité lors de la numérisation commence déjà avec le traitement des originaux physiques, qui doivent être laissés dans leur état originel ; tout écart à cette règle (ajout d'étiquettes autocollantes pour le code-barre ou autre) doit faire l'objet d'un règlement précis et être limité au strict minimum comme les documents d'archives doivent idéalement être séparés de tout matériau étranger et être conditionnés dans des emballages inertes pour la conservation de longue durée. Chaque étape du traitement préliminaire (nettoyage, traitement thermique ou autre) doit être réglée précisément entre le mandataire et les personnes chargées de l'exécution et documentée.

La conservation de l'information visuelle et sonore, de ce qui sera transmis, a la plus haute priorité pendant la numérisation elle-même : le «beau» n'est pas le but de la numérisation à des fins de conservation. Le but ultime est la production d'une copie numérique aussi authentique que possible, ce pourquoi des moyens auxiliaires peuvent être utilisés, comme par exemple les TBC (Time Base Corrector) pour stabiliser le signal vidéo, ou un «wet gate» qui permet de masquer les rayures lors de la numérisation de pellicule. Toute mesure allant au-delà, comme par exemple retoucher l'image ou les couleurs, ne peut être exécutée qu'avec l'accord préalable du mandataire et il faudrait idéalement dans pareil cas conserver aussi les copies non corrigées. Les signaux (vidéo) et les images (film) de référence éventuellement enregistrés sur l'original doivent également être transférés.

Le guidage du chemin du signal (comme par exemple le recours au TBC pour les vidéos ou au «wet gate» pour le film) et les éventuelles conversions (par exemple de SECAM à PAL) doivent faire l'objet d'accords précis ; les manipulations du signal à l'aide d'instruments appropriés (moniteur de forme d'onde, vectorscope etc.) doivent être contrôlées.

Le périmètre du contrôle (100 %, échantillonné, nul), les moments de son application (à quelles étapes du workflow) ainsi que ses modalités (contrôle automatisé et/ou manuel), enfin la méthode de traitement de ses résultats (répétition d'une opération, séparer pour traitement spécial), tout ceci doit également faire l'objet d'un accord. Les moyens utilisés à ces fins (hardware, software, sommes de contrôle, collecte/extraction de métadonnées etc.) doivent être explicitement mentionnés.

Les critères de contrôle pendant la numérisation sont par ex. les suivants :

- concordance du transfert avec les métadonnées disponibles (durée, contenu par exemple) ;
- synchronicité de l'image et du son ;
- examen de la couleur (ou noir et blanc) au moyen des barres de couleur, des images de référence, de l'étalonnage des blancs («balance des blancs», «white balance») ;
- présence du code temporel («Timecode») ;
- correspondance des versions ;
- langue, sous-titres ;
- erreurs dans l'image (vidéo : pertes de signal ou «drop-outs», «skewing» etc. ; film : cadrage, foyer, etc.) ;
- pour le film : section de la surface transférée (rapport largeur / hauteur, avec ou sans perforation).

Enfin, les modalités de transmission au mandataire des informations obtenues par les contrôles doivent être définies. En effet, la conservation de longue durée dépend d'une documentation systématique et transmissible, ce qui signifie matériellement que :

- les différents enregistrements physiques (original, master, copie d'exposition, copie de consultation etc.) sont clairement nommés ;
- toutes les actions exécutées, de la prise en charge à la livraison sont documentées (transport ; stockage ; traite-

ment préliminaire ; appareils de lecture et d'enregistrement ; liaisons par câbles pour les vidéos et modèles de scanner utilisés pour le film, respectivement chaîne de la numérisation) ;

- l'original physique doit être documenté si ce n'est pas encore le cas, quant à sa fabrication (format, marque, type, émulsion) ; sa forme extérieure doit être décrite avec précision (inscriptions, éléments d'identification, voire photo) ; les spécifications de lecture des documents audio (son: nombre de pistes longitudinales) et vidéo (par ex. mode Long Play), respectivement des images et du son d'un film (par ex. son optique Dolby SR, Sepmag) doivent être indiquées.
- Le fichier numérique doit être documenté : codecs, conteneurs avec leurs spécifications respectives ; sommes de contrôle («checksum»).

Hormis le contenu, la forme (texte, tableau, banque de données, XML etc.) ainsi que les standards éventuellement appliqués (METS, PREMIS etc.) doivent être définis à l'avance.

Les films ou vidéos numérisés par des prestataires externes doivent après réception faire l'objet d'un contrôle systématique des points suivants :

- intégrité (sommes de contrôle) ;
- documentation complète ;
- propriétés techniques des fichiers définies comme éléments de conservation de la structure et du contenu : concordent-elles avec les spécifications définies dans le cahier des charges ? Sont-elles validées ? Le format conteneur correspond-il aux spécifications pour la structure et l'affectation des pistes audio aux exigences ? Spécifications pour le contenu : durée, volume du fichier etc. ?

La conduite devant être adoptée au cas où la qualité du résultat pourrait ne pas correspondre au cahier des charges

devrait être définie avant l'attribution du mandat. Il est recommandé de procéder à une série d'essais sur le workflow prévu avant l'exécution complète du mandat, afin que des erreurs systémiques et des exigences problématiques puissent être corrigées.

L'institution mandataire détermine, après examen des objets livrés, si des travaux supplémentaires et d'autres livraisons sont nécessaires. Un contrôle de la qualité continu, aussi immédiat que possible et, tout particulièrement en présence de gros volumes de données, aussi automatisé que possible, est fortement recommandé.

4.1.3 Coûts

Les coûts de l'archivage numérique de fonds audiovisuels se composent toujours de différentes charges. Aux dépenses usuelles pour la prise en charge, l'évaluation, la description, etc. peuvent s'ajouter des coûts pour l'octroi des droits et en particuliers pour les processus de nature technique : numérisation, transcodage et stockage. Dans ce dernier cas, il faut, comme mentionné, prévoir des économies d'échelles et prendre en compte le fait que les coûts peuvent différer considérablement d'un fournisseur de services à l'autre, parce que des prestations supplémentaires différentes peuvent, le cas échéant, être comprises dans l'offre ou parce que les infrastructures techniques utilisées sont plus ou moins chères.

Les dépenses induites par la numérisation dépendent très fortement du type de matériau de départ, de son volume et de son état, ainsi que des exigences qualitatives de la numérisation. Par ex., le traitement et la numérisation d'un film 16 mm d'une heure, en mauvais état, peut coûter ainsi un multiple de ce qu'une heure d'enregistrement coûterait si le même film était en bon état. Traiter l'art vidéo demande beaucoup plus de ressources que le traitement de

vidéos dont la seule valeur est documentaire. Les coûts de transcodage dépendent des formats existants et des formats à générer. Dans les coûts de stockage, il faut compter avec des effets d'échelle ; comme il s'agit de coûts d'exploitation permanents, leur planification doit être un peu différente.

4.1.4 Personnel et organisation

Le domaine de la conservation numérique à long terme est si vaste et complexe qu'il ne peut que difficilement être géré comme une activité annexe en plus des tâches quotidiennes. La personne qui ne se confronte pas quotidiennement aux questions informatiques et à l'archivage ne peut se constituer un savoir et une expérience suffisants pour agir de façon réfléchie et durable. S'y ajoute le fait que le monde informatique continue à se développer de façon extrêmement dynamique et que les personnes en charge doivent se tenir constamment au courant des évolutions.

Selon la structure et la taille du service d'archives, le personnel en place ne pourra pas maîtriser ce secteur d'activité. En pareil cas, il faut créer de nouveaux postes ou trouver un prestataire de confiance.

L'exploitation des archives numériques nécessite une bonne communication et coopération entre le service d'archives et le service informatique. Un échange doit se faire sur les principes de l'archivage et sur les principes de prise en charge et de stockage informatiques.

4.1.5 Compétences spécialisées

Les stratégies, les plans d'action doivent être appliqués, les infrastructures doivent être réalisées de telle façon que l'institution patrimoniale qui a pour mission – ou considère comme sa mission – l'archivage numérique des films et vidéos, puisse accomplir elle-même toutes les tâches liées au traitement des fichiers numériques des films et des vidéos.

L'institution doit pouvoir par exemple lire les fichiers, créer des copies d'utilisation et des montages, etc. et elle doit accomplir ces tâches indépendamment du fait que la numérisation soit externalisée ou que le dépôt (repository) soit géré par un prestataire de services. Ce n'est que de cette façon que le contrôle sur le matériel archivé peut être conservé et que, le cas échéant, des revenus pourront être générés.

Pour gérer les activités fondamentales propres à l'archivage que sont la prise en charge, l'évaluation, le classement et la description, la conservation et la mise à disposition, et ainsi assumer la responsabilité des fonds d'archives concernés, des compétences techniques supplémentaires viennent s'ajouter obligatoirement aux compétences professionnelles usuelles. Les institutions patrimoniales qui comptent l'archivage numérique des films et vidéos parmi leurs tâches, ainsi que les personnes employées par ces institutions et chargées du traitement des films et vidéos doivent posséder les compétences et capacités suivantes :

- Connaître l'histoire des médias et les contextes de production, de distribution, de commercialisation et d'utilisation. Ces connaissances sont, avec les connaissances matérielles, la condition préalable pour identifier matériellement (format, type d'enregistrement, etc.) et fonctionnellement (par ex. «original» ou copie) les films et vidéos conservés dans les archives. Cette capacité d'identifier s'avère elle aussi indispensable pour planifier correctement, prioriser et appliquer les mesures nécessaires à la conservation, à l'évaluation, à la description et la mise à disposition des données.
- Connaître la structure des fichiers audiovisuels : des connaissances sur les codecs, les conteneurs (Wrapper) et les codes de synchronisation temporelle (Timecode) sont les conditions préalables pour un choix éclairé des

formats cibles, pour évaluer les offres, contrôler les produits livrés, suivre le plan de préservation etc.

- Connaissances d'utilisateur, au-dessus de la moyenne, des outils informatiques. L'utilisateur moyen ne sera pas capable, en effet, d'utiliser les fonctions moins connues d'outils d'usage courant (par exemple VLC pour Doppel-screen) ou les outils Open Source qui sont absolument indispensables. Il convient également de faire une veille des développements informatiques dans le domaine pour être capable de réagir convenablement tôt aux changements (nouveaux outils, obsolescence, missions des services etc.). La veille ne peut être une tâche complètement transférée aux services informatiques car ces derniers travaillent rarement avec des logiciels Open Source spécialisés dans l'archivage et ne sont souvent pas capable d'évaluer correctement les exigences posées par l'archivage numérique.
- Connaissances de base dans l'utilisation de l'interface en ligne de commande (CLI = command line interface) : certaines fonctions essentielles, certains programmes ne peuvent souvent pas être utilisés avec une interface graphique (GUI = graphic user interface), soit parce l'interface GUI fait défaut, soit que l'interface disponible ne permet pas l'accès à toutes les fonctionnalités nécessaires. La commande des travaux par lots (fichiers batch), comme par exemple la vérification des sommes de contrôle, le transcodage pour les formats d'utilisation, l'extraction de métadonnées techniques, n'est souvent possible qu'avec le recours à la GUI.
- Avoir des connaissances minimales de programmation ou être capable d'une compréhension minimale des fichiers scripts, programmés par exemple en Bash, Python, Javascript, PHP. Ces connaissances sont nécessaires pour lancer des automatisations au sein des struc-

tures existantes, pour contrôler la qualité des scripts, ou adapter ceux-ci, par exemple, à la cotation utilisée pour les archives.

4.2 Identification des formats

L'identification des types de médias existants est la première étape de tout projet de numérisation. Elle est aussi particulièrement importante pour trouver des prestataires en cas de numérisation externe, pour trouver des appareils pour la consultation ou pour une numérisation interne ainsi que pour procéder à des estimations de coût. L'identification du contenu, des différentes versions ou du statut des copies existantes constitue de même une information de base essentielle et centrale pour l'évaluation et la priorisation mais n'est pas objet de la présente étude.

4.2.1 Identification des formats de support (film et vidéo)

L'identification des supports physiques existants (analogiques et numériques) exige un savoir spécialisé, qui n'est pas largement répandu, en général. Il existe une série d'outils qui peuvent aider à cette fin.

4.2.1.1 Identification des formats de bande vidéo

- Memoriav (ed.), *Memoriav recommandations vidéo*, février 2006, https://memoriav.ch/wp-content/uploads/2014/08/empfehlungen_video_fr.pdf [14.11.2019]
- Gfeller, Johannes, Jarczyk, Agathe, Phillips, Joanna, *Kompendium der Bildstörungen beim analogen Video*, Zürich, 2013
- The Little Archives of the World Foundation / ECPA, *Video Tape Identification*, s. l., 2008, <http://www.little-archives.net/guide/content/formats.html> [29.9.2015]

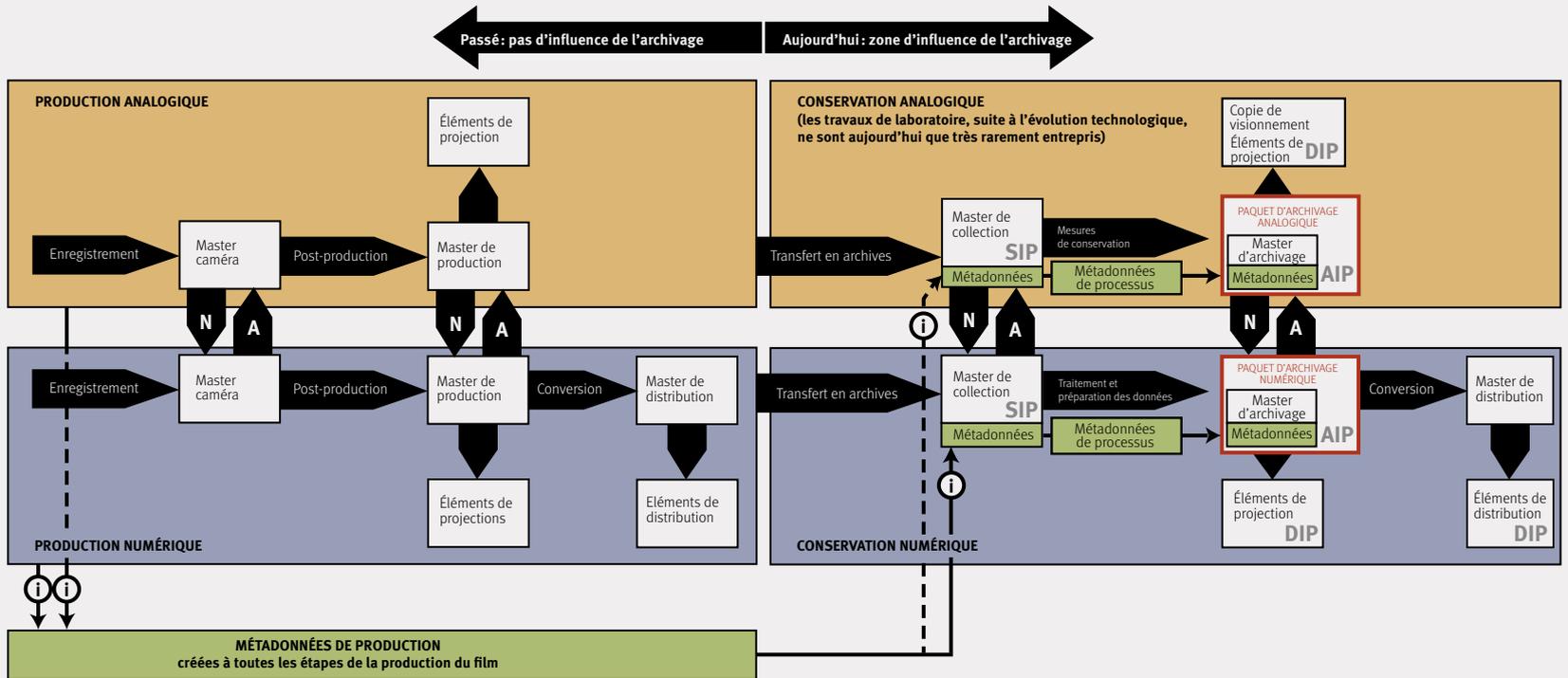
- Stauderman, Sarah, Messier, Paul, *Video Format Identification Guide*, s. l., 2007, http://videopreservation.conserva-tion-us.org/vid_id/ [29.9.2015]
- Texas Commission on the Arts, *Videotape Identification and Assessment Guide*, 2004, <http://www.arts.texas.gov/wp-content/uploads/2012/04/video.pdf> [9.9.2019]

4.2.1.2 Identification des formats de film

- National Film Preservation Foundation (Ed.), *The Film Preservation Guide. The Basics for Archives, Libraries, and Museums*, s. l. 2004, <http://www.filmpreservation.org/preservation-basics/the-film-preservation-guide> [29.9.2015]
- Pritchard, Brian R., *Identifying 35 mm Films*, s. l., 2011, <http://www.brianpritchard.com/35mm%20Film%20Identification%20Version%203.2.pdf> [29.9.2015]
- Pritchard, Brian R., *Identifying 16 mm Films*, s. l., 2013, <http://www.brianpritchard.com/16mm%20Identification%20Version%201.02.pdf> [29.9.2015]

4.2.2 Identification de fichiers vidéo

L'identification des fichiers vidéo est plus difficile que celle des supports analogiques car elle ne peut s'appuyer sur des caractéristiques externes immédiatement reconnaissables. Il est d'autant plus important pour la conservation à long terme que les informations relatives au format et aux spécifications techniques soient bien documentées. Si ces informations manquent ou qu'elles doivent être examinées dans le cadre d'un contrôle de qualité, il faut d'abord recourir à une série d'outils simples, présentés dans le chapitre «Boîte à outil» [🔴 chap. 5.6]. La portée et la fiabilité des outils qui y sont mentionnés et d'autres outils similaires sont d'ailleurs variables et dans certains cas insuffisants. Le recours à un équipement et à un savoir-faire professionnel peut s'avérer nécessaire.



N Numérisation
A Production d'un exemplaire sur un support analogique

Concepts tirés du modèle OAIS
 SIP: Submission Information Package
 AIP: Archival Information Package
 DIP: Dissemination Information Package

Ill. 14 : Workflow film. Aperçu des étapes de traitement d'un film, de la prise de vue au paquet d'archivage.

4.3 Numérisation dans le secteur de l'archivage

Un service d'archives peut en principe obtenir des médias issus de toutes les étapes de la production audiovisuelle [► illustrations n° 14, p. 37, et n° 15, p. 39]. Les éléments peuvent être analogiques, numériques ou hybrides. Dans un processus de numérisation, un média analogique audiovisuel, tel un film ou une vidéo, sera numérisé, traité et destiné ensuite à un certain usage. Pour certaines raisons [► chap. 5.7], l'«original» analogique (voir numérique) devrait continuer à être archivé.

4.3.1. Conservation numérique ou post-production numérique ?

Les méthodes de travail de la conservation ainsi que de la post-production sont fondamentalement semblables. Cependant, l'orientation et par conséquent les exigences sont très différentes. La post-production doit répondre à la condition préalable de la liberté créative, elle est techniquement axée sur les formats actuels usuels et qui conviennent à la production du moment. La conservation, elle, repose sur des principes relevant de la déontologie professionnelle, qui enferment les traitements dans un cadre étroit [► chap. 4.4]. Les formats utilisables à long terme y occupent une place centrale. La donne de départ est donc fondamentalement différente, c'est pourquoi la divergence dans le choix des méthodes et des formats de fichier à employer est aussi possible. Tout traitement numérique d'un film plus ancien n'engendrera pas non plus une version restaurée au sens étroit du terme ; une telle version devrait en effet répondre aux principes éthiques susmentionnés.

Dans le cadre de la collaboration des responsables des archives avec des prestataires issus de la post-production, il est important que les objectifs soient clarifiés et que l'on s'entende sur une terminologie claire et commune. Le même

terme est souvent employé dans les deux domaines d'activité mais à des fins différentes.

4.3.2 Film, de la prise de vue à l'archivage

[► illustration n° 14, p. 37].

4.3.3 Film : son

Les travaux de restauration d'un film se concentrent souvent sur l'image, principal objet de la perception. Le son n'occupe qu'une place secondaire. Pourtant, même à l'époque du «cinéma muet», les films étaient toujours accompagnés de son. La sonorisation n'a cessé de se développer, jusqu'à offrir dans les salles de cinéma modernes des systèmes sonores multi-canaux, et a contribué de façon significative à amplifier l'expérience cinématographique.

Lors de la conservation du film, également, le son est généralement plutôt traité comme un élément secondaire. Le fait que les pistes sonores existent pour les films dans plusieurs variantes techniques complètement différentes, l'extrême diversité de systèmes sonores propriétaires constituent pourtant un défi dans le cadre de la conservation. Même garantir une image et un son synchrones n'est pas toujours simple.

4.3.3.1 Film de cinéma classique et son synchrone

Il existe essentiellement deux approches pour réussir la diffusion synchrone de l'image et du son, qui représente un défi technique.

1. Le son est enregistré sur la pellicule du film, sous forme de piste sonore, et parallèlement à l'image. Il est lu par une tête de lecture, placée à un intervalle défini de la fenêtre image. Ce décalage de l'image et du son est standardisé pour les formats de film.

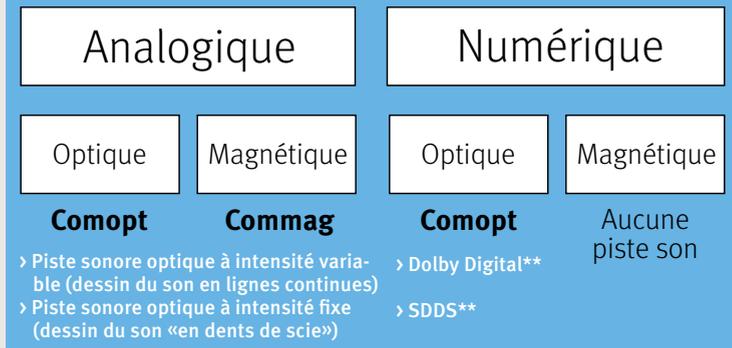
2. Le son est stocké sur un support différent et l'appareil de lecture est couplé au projecteur mécaniquement, ou au moyen d'un signal de commande.

Des solutions numériques et analogiques, intégrées dans des supports optiques ou magnétiques, existent pour ces deux approches. Les pistes sonores éclairées sur le film et lues par un moyen optique sont rencontrées le plus fréquemment parmi les formats de projection. Une piste de son analogique a été généralement ajoutée, sur les copies de film modernes, équipées de pistes sonores multi-canaux, numériques et optiques (généralement Dolby SR), afin de permettre un recours au son analogique en cas de perturbation du système numérique et une projection de la copie analogique dans une salle dépourvue de Dolby Digital. Les films sonores modernes présentent ainsi plusieurs pistes de son. Le son numérique n'a cependant été utilisé qu'avec les pellicules de film d'une largeur de 35 mm ou d'un format plus large; il n'est pas attesté pour les films de 16 mm et les formats plus étroits. Dans un film amateur, le son est presque toujours monophonique. Le son stéréo bi-canal est attesté uniquement pour des films amateurs avec deux pistes sonores magnétiques Commag. Certains films de format 16 mm sont équipés d'une piste sonore optique et d'une piste sonore magnétique. Ce format fut développé par Kodak pour la sonorisation de loisir dans les avions («In-flight Entertainment») et a été aussi beaucoup utilisé en Suisse, par exemple par le SSVK (Schweizer Schul- und Volksskino/Centrale suisse du cinéma scolaire et populaire) et par le TCS.

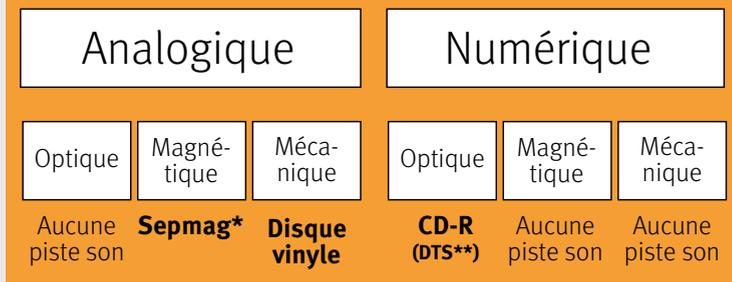
Un fin ruban magnétique est collé sur les copies Commag. Cette piste occupe le bord de la pellicule du film et sa couleur brune la rend aisément reconnaissable. Lors du transport, le film est posé sur le côté; de plus la bande magnétique collée rend le film plus épais sur un côté que

Formats de projections des pistes sonores

Piste de son parallèle à l'image du film



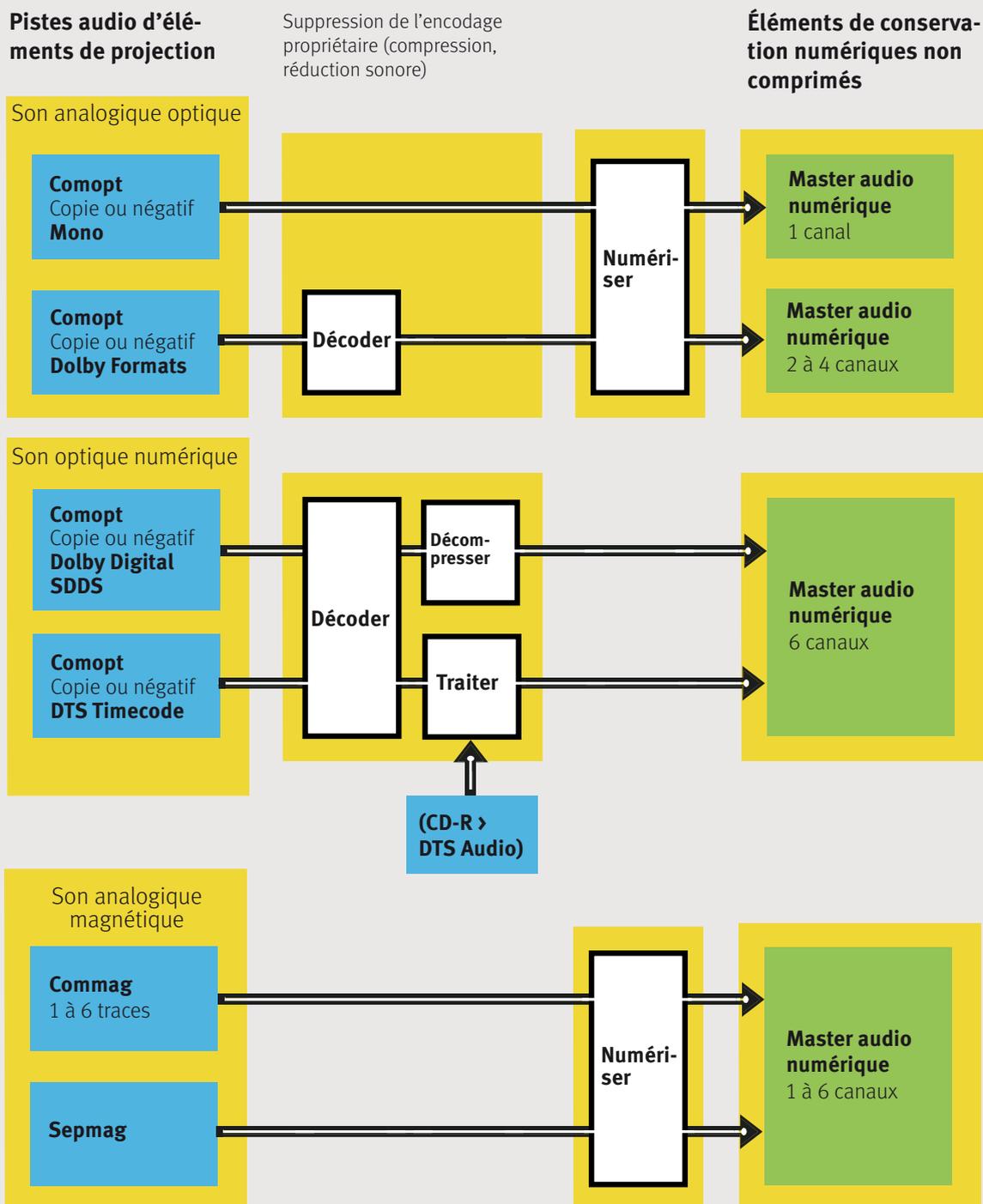
Piste de son sur un autre support



* Les formats sepmags pour les pistes de son des projections en salle de cinéma sont rares. Ils ont été utilisés principalement dans la post-production des films ou comme Master lors du mixage final, pour fabriquer des négatifs sonores analogiques optiques. Par contre, les productions de films pour la télévision (le film a été le principal médium de production avant d'être remplacé par la vidéo) ont été presque toujours réalisées en sepmag.

** Appellation protégée d'un nom de produit pour un format sonore.

Ill. 15 : Les catégories de pistes sonores les plus importantes dans les formats de projection.



Ill. 16 : Présentation des étapes de travail successives menant à la conversion des éléments sonores prévus pour la projection en éléments numériques pour l'archivage à long terme.

l'autre. Pour ces raisons, une piste dite d'équilibrage, le plus souvent très étroite, a été ajoutée dans certains formats de film amateur et posé de l'autre côté du film pour le rééquilibrer. Certains fabricants proposèrent ensuite comme option d'enregistrer le son également sur cette piste. La piste supplémentaire fut utilisée soit comme deuxième piste mono (par exemple, piste 1 : paroles, piste 2 : musique) soit comme l'une des deux pistes stéréo.

4.3.3.2 Normalisation des pistes de son pour l'archivage numérique à long terme

Les seuls éléments de départ disponibles pour l'archivage numérique sont souvent les éléments des pistes sonores liés à la projection, ou, sinon, des éléments issus de la post-production, qui contiennent le mixage final du son. La normalisation de ces éléments sonores à des fins de conservation vise à garder une série de pistes audio, séparées des canaux originaux auxquelles elles étaient attribuées, non comprimées ou comprimées sans perte, et correspondant par leur longueur exactement à l'élément de l'image auxquelles elles sont liées. Il faut pour cela décoder les systèmes propriétaires et convertir les formats de fichier compressés avec pertes dans des formats se prêtant à l'archivage.

L'ill. 17 donne l'aperçu des étapes de travail entre les formats de projection les plus importants de l'archivage et les éléments de l'archivage numérique.

4.3.3.3 Numérisation des pistes sonores optiques analogiques

Deux stratégies fondamentalement différentes existent pour numériser le son optique :

1) Le son est lu avec la tête de lecture prévue pour cela. En effet, recourir à une tête de lecture plus moderne n'appor-

tera pas nécessairement de meilleurs résultats et c'est un point qu'il faut absolument prendre en compte. Différentes variantes de pistes sonores optiques analogiques existent. On peut généralement supposer que les meilleurs résultats seront obtenus avec une tête de lecture contemporaine du support. D'une part, on évite ainsi les déformations et autres défauts dans la qualité du son, d'autre part les caractéristiques originelles du son sont conservées.

2) Scanner comme image la piste de son optique est une solution qui s'est développée fortement les dernières années, grâce aux meilleures performances des ordinateurs, et qui livre de bons résultats. L'image numérisée est convertie arithmétiquement en son. Un avantage important de ce procédé est que cela permet de restaurer l'image de la piste sonore, de sorte que de nombreux bruits parasites peuvent déjà être supprimés avant la conversion en son numérique.

4.3.3.4 Numérisation des pistes de son analogiques magnétiques

Comme le matériau du support utilisé pour le son, de l'acétate de cellulose (triacétate de cellulose, pellicule 16 mm magnétique séparée), est le même que pour le film, la même problématique de dégradation chimique se pose. Le format sepomag est donc menacé par le syndrome du vinaigre. Le polyester est quant à lui un matériau bien plus stable. Les retours d'expérience ont montré que la présence d'oxyde de fer exerce une influence négative sur l'état du support et favorise le syndrome du vinaigre. La même évolution est constatée lorsqu'un élément sonore sur un support de polyester et un élément de film sur une base d'acétate de cellulose sont conservés ensemble dans la même boîte de film. Les éléments sonores magnétiques devraient donc toujours être conservés séparément des éléments d'image. Ceci est naturellement impossible dans

le cas du format commag, où la bande sonore collée sur le film ne peut plus en être séparée. Dans de tels cas, la seule possibilité est de contrôler les conditions climatiques de stockage, pour ralentir la décomposition.

[► IASA TC-04]

4.3.3.5 Sélection de la piste sonore pour la numérisation

Les recommandations suivantes peuvent servir d'orientation pour choisir l'élément le plus approprié à la numérisation, à condition que différents éléments soient disponibles avec la même piste sonore pour la conservation numérique. Les recommandations se basent sur des estimations généralisées au sujet des caractéristiques qualitatives qui doivent toujours être examinées de cas en cas lors d'éventuels dégâts. Des tests doivent également être conduits afin de clarifier quel élément est doté de la meilleure qualité. Les exemples cités partent du postulat que tous les éléments mentionnés appartiennent au même mixage final, sur une piste sonore identique.

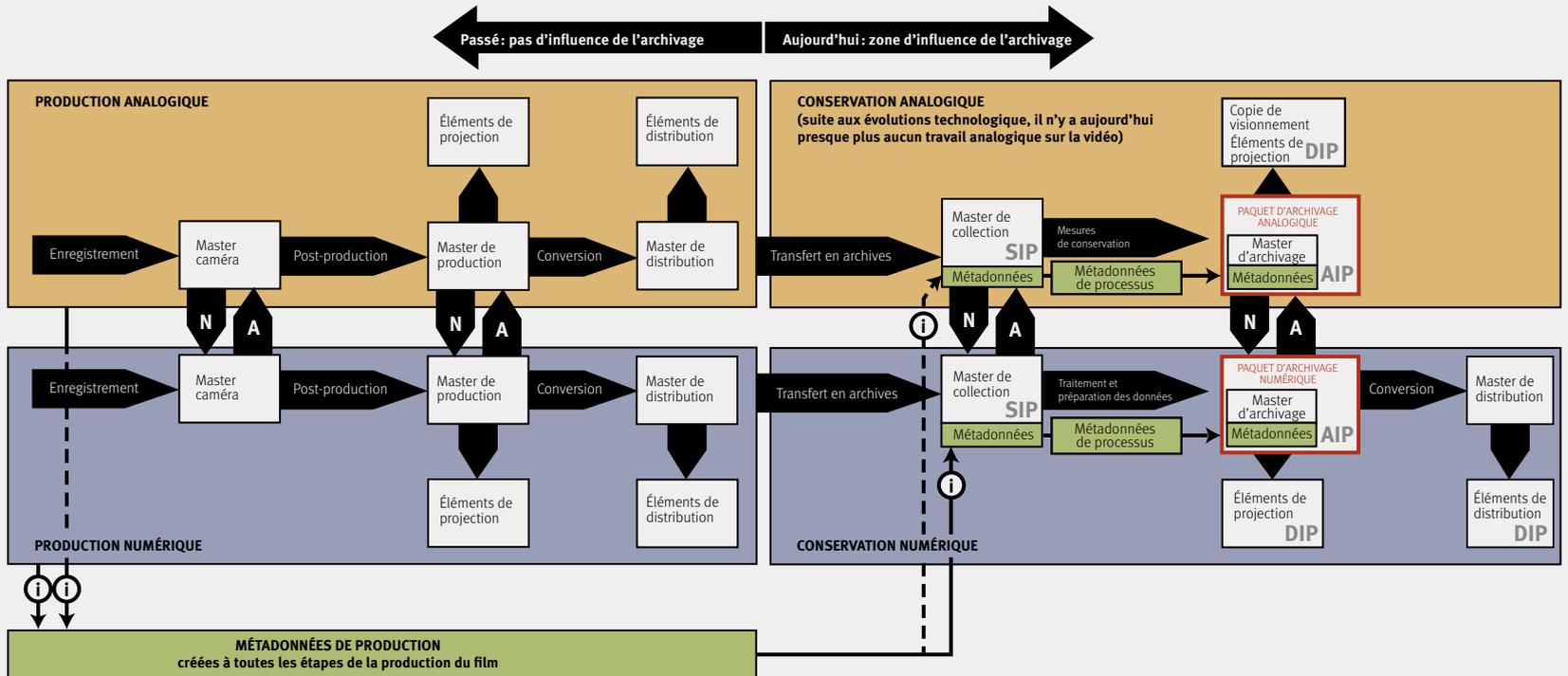
- En présence de deux éléments de son analogiques optiques, de contenu identique, dont l'un existe dans un format de film amateur (par ex. 16 mm) et l'autre existe dans un format de film plus large (par ex. 35 mm), il faut préférer le format de film plus large.
- La qualité des pistes de son magnétique est généralement meilleure que celles des pistes de son optiques, dont la plage de fréquence est limitée. Une piste de son en sepmag ou en commag est préférable à la variante optique.
- Lorsque la sonorisation est complètement séparée, stockée en sepmag sous forme de pistes individuelles et séparées, et issue de la post-production, des moyens numériques permettront de reproduire le mélange final dans une très bonne qualité. Une telle reconstruction

est cependant coûteuse en ressources et doit autant que possible être produite au moyen d'une piste sonore déjà disponible, en se servant du mélange final comme référence.

4.3.4 Numérisation de film : remarques supplémentaires

Le film présente des particularités propres dont il faut tenir compte pendant la numérisation pour produire une copie numérique aussi fidèle que possible à l'original. Ceci présuppose une large connaissance de la technique d'enregistrement, de production et de projection. Six aspects sont ici brièvement expliqués. Différentes catégories de films 35 mm ont été tournés dans le rapport 1,33 ou 1,37 (rapport d'image du film caméra négatif). Des années 1970 aux années 1990, des films 35 mm ont été tournés dans le rapport 1,37 et 1,66 mais ont été très souvent projetés ou exploités en rapport 1,66 uniquement. Il est souhaitable qu'aussi bien les négatifs, les copies intermédiaires que les copies de projection soient conservées dans leur rapport original. Une partie de leur histoire sera sinon transmise biaisée aux générations futures.

Il existe aussi, dans le domaine du film analogique, plusieurs «espaces chromatiques». Ceux-ci dépendent des différents processus colorimétriques chimiques employés au fur et à mesure des développements du film couleur. On peut mentionner ici à titre d'exemple le matériel de conversion Kodachrome, produit entre 1935 et 2009 et très souvent utilisé pour les films amateurs de petit format. Ce matériel couvre un autre spectre de couleur que, par ex., le matériel Eastman-Color ou Fuji-color. Les variations d'espaces chromatiques des films doivent être prises en compte dans le processus de numérisation pour être correctement représentées numériquement.



N Numérisation

A Production d'un exemplaire sur un support analogique

Concepts tirés du modèle OAIS

SIP: Submission Information Package

AIP: Archival Information Package

DIP: Dissemination Information Package

Ill. 17: Workflow vidéo. Aperçu des étapes de traitement d'une vidéo, de la prise de vue au paquet d'archivage.

Par le passé, ce sont surtout des lampes à arc à charbon qui étaient utilisées dans les salles de cinéma comme source de lumière pour le projecteur. Ces lampes ont été remplacées dans les années soixante par des lampes au xénon, d'usage courant encore aujourd'hui dans les projecteurs de cinéma numériques. La lumière de ces lampes au xénon est plus froide, d'où une image projetée plus bleue. Cette différence est particulièrement visible dans les films muets colorisés, qui étaient conçus pour une projection avec une lampe à arc à charbon. Il faut tenir compte de cette circonstance lors de la détermination de la lumière des éléments de projection.

Dans le film amateur, il n'y a rien qui n'existe pas ! Les cinéastes amateurs et expérimentateurs ont continuellement recherché des solutions nouvelles et les particularités techniques foisonnent ; il convient de les comprendre pour obtenir ne serait-ce qu'une numérisation correcte.

Le son optique est une technique d'enregistrement et de restitution sonore au moyen d'une piste sonore lisible optiquement. Il existe le son optique classique, monophonique, ainsi que plusieurs procédés d'enregistrements sonores stéréophoniques et multipistes, dont quelques-uns numériques aussi. Le son optique mono analogique ne peut pas être numérisé correctement au moyen d'une tête de lecture stéréo. L'incompatibilité de la piste de son et de la tête de lecture causent une forte distorsion, en particulier pour la représentation en zig-zag unilatérale.

Les bandes magnétiques issues de la production du film nécessitent pour leur numérisation des appareils de lecture et d'enregistrement spécifiques. Afin d'obtenir une copie numérique de la meilleure qualité possible, il faut poser la tête de lecture sur la bande magnétique, à l'opposé de ce qui est pratiqué pour le balayage optique d'un son optique. Cela implique d'une part une pression mécanique supplémentaire

lors de chaque passage en lecture, d'autre part que les processus de dégradation qui déforment physiquement la bande sonore peuvent influencer beaucoup sur la qualité de la lecture

«Lors de la projection du film, quelle est la partie de la surface du film doit apparaître sur l'écran ?» Il apparaît tout d'abord banal de répondre à cette question. La recherche de la réponse est cependant plus complexe que prévu du fait de la diversité des formats de projection disponibles et des effets techniques secondaires dus à la production du film. La diversité existante pour les films était déjà plus grande que pour la vidéo analogique, restituée sur des moniteurs. La complexité n'a fait que grandir avec l'introduction de la vidéo numérique et la possibilité nouvelle de visionner une vidéo sur des moniteurs, au moyen de players, mais aussi sur l'écran d'ordinateur. La complexité résulte d'une part de la diversité des formats et des rapports largeur/hauteur des images, d'autre part elle est causée par le fait que toute la surface de l'image n'est pas complètement visible ni sur les moniteurs, ni lors d'une projection du film en restitution normale. Les films et vidéos sont mélangés ensemble grâce aux possibilités du transfert. Dans le cas où un film doit être reproduit par balayage pour une diffusion à la télévision ou au cinéma, il faut à chaque étape du traitement tenir compte de la section du champ photographié qui sera visible au final pour le public. La même question se pose lors d'un balayage à des fins de conservation.

Dans la projection de film dite classique, la pellicule entre dans le couloir et passe devant la fenêtre de film. La fenêtre de film délimite l'espace laissé au rayon de lumière, lequel traversera le film et sera projeté sur l'écran. La position du film devant la fenêtre de film et son extension définissent quelle partie de la surface du film est éclairée et donc projetée.

La zone d'image (le champ photographié) sur le film est en principe définie par le format employé. La fenêtre de film est légèrement plus petite, horizontalement et verticalement, que la zone d'image afin de garantir qu'aucune partie du film extérieure à l'image ne soit visible. Pour obtenir un bord d'image précis, l'image projetée sera elle aussi coupée encore une fois sur l'écran. La partie coupée peut représenter jusqu'à 5%, environ, de la largeur ou de la hauteur de l'image. Son extension n'a cependant jamais fait l'objet d'une claire définition grâce à une norme.

4.3.5 Vidéo, de la prise de vue à l'archivage

[🔴 illustration n° 17, p. 43]

4.3.6 Numérisation de la vidéo : remarques supplémentaires

La vidéo présente des particularités spécifiques dont il faut tenir compte pendant la numérisation pour produire une copie numérique aussi fidèle à l'original que possible. Ceci présuppose une large connaissance de la technique d'enregistrement, de production et de projection.

En cas de collaboration avec un prestataire de service, ce dernier doit être prêt à indiquer ses outils de travail, à expliquer les chemins du signal et les procédures, à les discuter et à les inclure dans un contrat de travail. De même, ses installations doivent pouvoir être inspectées car les informations disponibles sur son site web sont généralement insuffisantes. Notre publication a pour but de vous rendre attentif à quelques particularités de la numérisation de la vidéo, qu'il vous faudra toujours discuter avec un prestataire.

Il vaut toujours mieux éviter toute perte de qualité pendant la numérisation même, car, par la suite, ces pertes ne peuvent être corrigées que superficiellement par des moyens numériques. Pour la numérisation, il faut donc

choisir des dérouleurs de bande magnétique qui tireront le meilleur de la substance encore existante sur le support analogique. Pendant la durée de vie d'un format vidéo, des progrès techniques considérables ont souvent été faits, qui ont permis, dans les spécifications de format fixées initialement, une diminution remarquable du «bruit de l'image» (le «bruit» d'un signal est la superposition à celui-ci d'une erreur liée au procédé physique utilisé), une résolution et une stabilité de l'image améliorées. C'est pourquoi les appareils de la dernière génération se prêtent en règle générale le mieux pour une numérisation, surtout s'ils comptent un nombre aussi restreint que possible d'heures de fonctionnement (de leurs têtes vidéo en particulier) et s'ils ont été entretenus régulièrement ou peu de temps avant leur utilisation. Même des appareils qui sont restés longtemps inutilisés, avec peu d'heures de fonctionnement, peuvent avoir subi des détériorations dues à leur inutilisation ! Pour un format particulier, les appareils industriels professionnels sont objectivement préférables aux appareils destinés au grand public, mais seulement à l'intérieur d'un certain intervalle de temps lié à leur durée de fabrication et seulement pour les modèles les plus récents. Dans les formats Video8/Hi8 et dans la famille VHS, il arrive que les meilleurs appareils grand public, de dernière génération, offrent, pour un format donné, une qualité d'image visiblement supérieure à celle des appareils professionnels plus anciens de 15 à 20 ans. Une comparaison visuelle critique de la qualité de l'image pour les appareils disponibles peut être utile si le budget ne permet ni acquisition ni remplacement de matériel.

En ce qui concerne les très vieilles bandes magnétiques, le réglage de l'alignement de la tête doit être fait très soigneusement pendant toute la durée du repiquage, si possible avec le monitoring du signal FM (= du son) depuis

Medium original:
film inversible 16 mm, nb

Premier medium de transfert:
Betacam SP, SD PAL 50i

Second medium de transfert:
numérisation en HD.264, HD 1080 p



Le passage du rapport original 4:3 des films 16 mm au format 16:9 crée des bandeaux noirs des deux côtés de l'image. Dans l'illustration ci-dessus, l'image d'un rapport 4:3 a été entourée d'un fin cadre blanc pour rendre le changement plus visible.

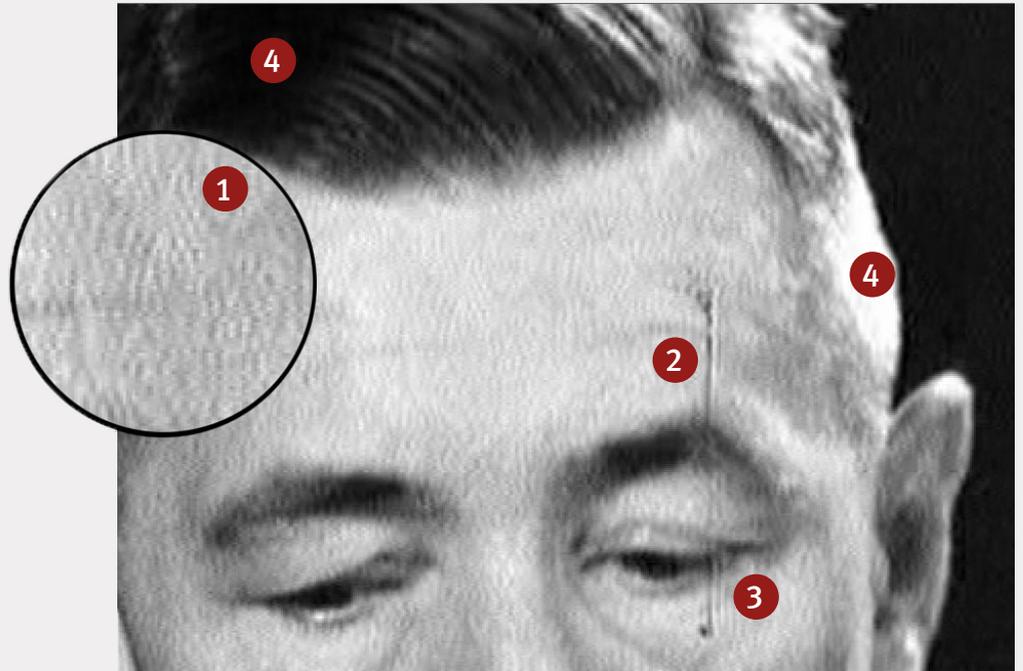


Image : Radio Télévision Suisse

- 1) Artefacts structurels causés par la combinaison de la granularité du film, la structure linéaire de la vidéo analogique et la scalabilité numérique ainsi que la compression. Artefacts de mouvement (non visibles ici) issus de l'effet négatif de la granularité du film sur la compression numérique.
- 2) Artefact tiré du medium original: coupure.
- 3) Artefact issu en SD du durcissement artistique dans l'analyse.
- 4) Perte d'information dans les secteurs les plus clairs et les plus sombres de l'image du fait de l'échantillonnage en SD.

Le changement de l'espace chromatique, ainsi qu'une restitution dégradée de la couleur, due à la réduction numérique des données dans les canaux couleur, peuvent entraîner des variations de couleur dans les enregistrements en couleur.

Ill. 18 : Exemple des conséquences d'un transfert répété de media.

la tête vidéo ou du moins au moyen de la mesure de l'intensité du signal (= du son) avec un affichage correspondant.

La condition préalable est que le matériel soit en bon état : si la bande grince ou si l'image est extrêmement instable horizontalement ou verticalement, ou que l'image est perturbée jusqu'à générer un effet de neige (des points blancs apparaissent et disparaissent de l'image), on est alors face à des dommages liés au vieillissement de la bande et celle-ci doit être traitée avant la numérisation. La numérisation peut être plus ou moins difficile, mais ce qui importe avant tout, c'est que l'information stockée sur la bande soit d'une intensité suffisante pour pouvoir être lue ; selon les caractéristiques physiques de la surface de la bande, la lecture sera plus difficile voire impossible. Tant que la pellicule ne se détache pas du support, la probabilité de lire l'information reste toutefois forte !

Même si une bande vidéo ne laisse extérieurement reconnaître aucune marque de vieillissement, il faut la passer avant la numérisation à travers une machine de nettoyage (nommée Tape Evaluator) qui nettoie et lisse la surface supérieure de la bande (une lame de saphir au bord arrondi polit la bande). On trouvera les appareils pour les familles de format U-matic, VHS et Betacam chez le fabricant RTI. Le temps de passage par bande est de quelques minutes ; dans la mesure où les machines de nettoyage atteignent quasiment le prix d'achat d'une petite voiture, on n'hésitera pas à comparer coût d'acquisition et prestation externalisée.

Pour des raisons d'éthique professionnelle, l'intégrité du signal sera conservée lors de la restauration. Ceci exclut le recours à un déguisement numérique ou à un changement d'échelle, qui permet de dissimuler les bords flottants latéraux ou les changements de tête de lecture visibles sur les bords inférieurs. Ceci est valable même si ces bords

flottants étaient par le passé moins visibles à cause des bords de l'appareil devant le moniteur à tube cathodique. L'intégrité du signal interdit aussi tout procédé de désentrelacement de l'affichage des images pour le transformer selon le procédé à balayage progressif (= passer de 50 demi-images à la seconde à 25 images entières par seconde). De vilaines structures en dents de peigne, qui déforment l'image lors des mouvements, en sont ici la conséquence. Pour atténuer ces effets, il ne faut pas non plus diviser la résolution verticale de moitié, en ne tenant compte que d'une demi-image sur deux. Lors de la numérisation, il faut régler la position latérale de l'image de telle façon que l'image (analogique) soit toujours exactement centrée dans la fenêtre numérique. Dans de nombreuses productions analogiques, la position latérale peut aussi sauter de scène en scène. Une numérisation poussée en tiendrait compte et chercherait à corriger les sauts de côté, ce qui par ailleurs nécessite plusieurs itérations passes. Les sauts sont clairement des défauts techniques datant de la production et, en ce sens, historiques mais ils ne sont pas forcément dignes d'être conservés.

Tout masquage ou élargissement latéral (coupure, panning), tout écrasement ou extension de l'image à des fins d'adaptation du vieux rapport 4:3 au format actuel 16:9 sont des modifications non autorisées. Les bandeaux noirs sur les côtés latéraux de la nouvelle image doivent être acceptés : ils sont les témoins d'un changement de culture et de technologie, lequel doit rester visible. Ceci vaut aussi bien pour la numérisation que pour toute autre utilisation (projection, diffusion, édition, etc.). Le master destiné aux archives et à la conservation de longue durée ne doit pas seulement conserver le rapport original mais aussi le nombre de lignes par (demi-)image. Un arrondi vers le haut porterait atteinte à l'intégrité du signal. Il en va de même

à la lecture des pixels des sources numériques natives, dont le nombre doit être respecté.

Un Time Base Corrector (TBC) s'avère généralement indispensable pour stabiliser une image vidéo analogique, parce que de nombreux convertisseurs A/D, surtout dans le domaine professionnel, traitent mal les signaux instables et, par ex., omettent ou bloquent certaines images. Pour les très vieux formats (bobines ouvertes) ou les bandes U-matic éditées dans les années 1970 sans verrouillage des couleurs, il peut s'avérer nécessaire de recourir simultanément à deux TBC : un ancien, capable de tolérer les instabilités historiques (plus grande tolérance dans le timing des signaux, variation brusque de la teinte colorimétrique), et un TBC moderne, qui évite les effets de moiré et qui adapte le signal, peut-être encore trop instable, issu du TBC d'époque aux tolérances plus étroites du convertisseur. La gigue électronique ou fluctuation latérale du signal («jitter» en anglais), les variations et autres instabilités de tout type ne peuvent plus être corrigées dès la sortie du signal du TBC, parce qu'elles font désormais partie de l'image reconstituée avec de nouveaux signaux, stables, de synchronisation. Choisir le bon TBC revêt donc une importance cruciale, exige d'avoir de l'expérience et d'échanger son expérience avec d'autres professionnels. L'utilisation du TBC historique adéquat peut – indépendamment du signal nécessitant une stabilisation – s'avérer nécessaire mais ne doit en aucun cas être envisagée comme une panacée. Ici aussi, d'impressionnantes évolutions techniques ont eu lieu, qui ont une incidence sur la structure de l'image. La règle est donc : ne prendre du vieux matériel qu'en cas de nécessité, et opter pour du matériel moderne tant que possible.

Les possibilités de réglage du TBC (clarté, contraste, saturation de la couleur) doivent être utilisées avec savoir

et prudence. Il ne faut en aucun cas adapter le signal d'une image ancienne, grise et terne, aux contrastes modernes de couleur, auxquels les médias numériques nous ont habitués. Une bonne connaissance des œuvres et des documents de tous les âges de l'image électronique est indispensable pour procéder à des réglages respectant la réalité historique. Des adaptations modérées, s'en tenant à l'amplitude de contraste techniquement possible – et le plus souvent aussi atteignable – du canal vidéo, peuvent d'ailleurs faire sens. À cette fin, un moniteur de forme d'onde est en tous les cas nécessaire, afin de visualiser graphiquement et interpréter le signal vidéo (luminance mais aussi chrominance). Lors des réglages de contraste et de luminosité, il faut être attentif à ne pas couper la moindre partie du signal, tout particulièrement les plages très lumineuses ou des sections de faible intensité (en allemand, «des sections de bruit») proches du noir. Le signal serait alors irrémédiablement perdu, ce qui n'est en aucun cas tolérable, même si l'effet visuel en est prétendument amélioré. Très bientôt, les images des vieilles vidéo ne pourront, elles aussi, n'être visionnées que sur des écrans plats ou en projection. Ce matériel moderne n'offrira plus de véritables possibilités de correction de la luminosité et du contraste, contrairement aux anciens moniteurs à tubes cathodique, qui pouvaient encore être adaptés au matériel de projection. Cette réalité plaide aussi pour un renforcement du contraste (une diminution ne fait jamais sens) comme seule adaptation.

Ces remarques se rapportent au matériel vidéo qui n'a pas été produit moyennant un équipement professionnel, i. e. disposant d'un éclairage solide de studio et d'un signal respectant à la prise de vue, les valeurs recommandées par les normes. Depuis des décennies, des valeurs standardisées permettent sans autre une projection sur des écrans modernes.

Lorsque des adaptations du contraste et de la luminosité sont faites, elles devraient l'être de façon circonspecte et responsable, sans forcément repousser les limites du techniquement possible. Les traces d'imperfections techniques lors de la production ne doivent pas être effacées – elles font partie intégrante de la substance historique de la source. Ces imperfections doivent aussi être suffisamment documentées à l'aide d'exemples (copies d'écran du moniteur de forme d'onde (waveform) avec et sans correction, fichier vidéo avec de courts extraits avec et sans correction ; copier les valeurs chiffrées des boutons de réglage n'a par contre pas de sens). Si aucune partie de signal n'est coupée, ces mesures pourraient ainsi être rendues réversibles sur la base de la documentation.

Si un appareil de lecture dispose d'un TBC intégré et que ce dernier est compatible, on peut alors comparer les variantes entre TBC intégré et externe. Si le TBC intégré offre de plus une possibilité d'atténuer le bruit, celle-ci doit être aussi comparée de façon critique avec un traitement externe.

Depuis que la possibilité d'atténuer le bruit existe dans le domaine de la vidéo, elle fait l'objet de discussions et de controverses. Dans le domaine audio, utiliser un filtre de fréquence, qui sert à amplifier le signal pour chaque fréquence, est une pratique courante depuis longtemps. Dans la numérisation, ce n'est absolument pas le cas, ou seulement a posteriori, en fonction de l'usage prévu. Dans le domaine vidéo, la place de stockage était jusqu'à présent trop chère et la dépense trop importante, pour fabriquer une copie numérique «brute» (i.e. ni modifiée ni retouchée, soit un brut de scan) sans diminution de bruit, avec l'option d'un traitement postérieur. La maxime de l'intégrité du signal s'oppose à la diminution du bruit – car toute diminution du bruit de l'image entraîne une modifi-

cation ou une perte de détails de l'image, qui sont ainsi irrémédiablement perdus. La diminution du bruit se justifie par le fait que, dans l'historique de la bande, une partie du bruit a été produite par des processus souvent répétés de copie et que la procédure veut rendre le résultat proche de la forme originale. Si le contenu par ex. doit être diffusé sur un support DVD, vu la forte compression inhérente à ce dernier, alors la diminution du bruit est nécessaire, pour éviter l'apparition d'artefacts disgracieux. Le coût horaire élevé du traitement postérieur et les coûts de stockage, au minimum doublés, exigeaient jusqu'ici en règle générale une décision avant la numérisation.

Si l'on entreprend de diminuer le bruit, le recours à un TBC moderne et de haute qualité est recommandé, afin d'annuler simultanément et relativement efficacement les drop-outs (petites pertes d'information) qui dérangent. Grâce au passage de la télévision et de l'industrie à la HD, il est désormais possible d'acquérir des appareils SD à des prix avantageux. Ces appareils permettent de régler la diminution du bruit de façon différenciée, laquelle, en dépit des tentations, devrait être effectuée avec circonspection.

Si les ressources à disposition sont suffisantes et qu'une copie numérique, brute de scan, est prévue, le bruit peut alors être a posteriori diminué par une solution hardware ou software. Le TBC commercialisé sous le nom de TBS 180/185 a des entrées et sorties numériques et sa compensation de Drop-out fonctionne aussi depuis le disque dur avec un signal déjà numérisé (lu par la connexion SDI [Serial Digital Interface]), contrairement aux compensateurs de Drop-out plus anciens, qui ne travaillaient qu'à partir de sources analogiques et encore généralement pas de façon satisfaisante. Une compensation de Drop-out parfaite a posteriori pourrait être atteinte en temps réel et sans pertes issues de la conversion (grâce à la connexion SDI) au moyen de deux

ordinateurs et de leurs convertisseurs A/D respectifs, et ceci à des coûts qui ne représentent qu'une infime partie de ceux liés à une solution software et hardware de restauration numérique de la vidéo. En cas de moyens limités, l'alternative à cette solution, non conventionnelle – nous l'accordons –, peut être de recourir à un plug-in de débruitage (par ex. Neat Video) pour des programmes usuels comme Premiere ou FinalCut, avec lesquels on numérise déjà en règle générale. A relever que le temps de calcul peut alors être plus élevé, d'où une baisse de productivité. De même, l'algorithme pour l'élimination des drop-out semble être moins performant. Dans le dernier procédé décrit ici, une numérisation sans compression s'avère indispensable, sur au moins 10 bits. Elle est recommandée aujourd'hui de toute façon parce que plusieurs dérivés sont en règle générale créés à partir de la copie numérique brute de scan, qu'elle soit filtrée ou non : les fichiers d'archivage, les copies commerciales ou de visionnement peu compressées, le fichier pour streaming plus fortement compressé destiné à l'usage interne ou la distribution en ligne. Il s'agit de modéliser les étapes d'un traitement approprié, qui laisse la possibilité de produire les dérivés correspondants dans un futur proche ou plus lointain.

La décision de créer des fichiers compressés ou non compressés pour l'archivage dépend du contexte (entre autres quantité, valeur, ressources disponibles) mais aussi de la qualité initiale du matériel. Néanmoins et c'est tout le contraire de ce qu'on suppose souvent : les images perturbées par du bruit sont difficiles à traiter par n'importe quel compresseur, car le bruit est une «information» imprévisible, alors que la compression repose, elle, sur des structures d'images prévisibles et itératives. Une bande VHS floue et très perturbée par le bruit se prêtera ainsi paradoxalement mieux à une compression moindre qu'une bande Betacam

SP avec une image produite avec un éclairage professionnel et captée avec un trépied (à condition que leur importance historique puisse être comparée sur la base du contenu).

La prise de décision pour ou contre une compression devrait, indépendamment des aspects déjà mentionnés, comprendre aussi la sécurité à long terme, un point pour lequel un fichier non compressé donne de meilleurs résultats.

4.3.7 Modèles de conservation des données

Les supports ne peuvent pas stocker les données sans créer d'erreur. Dans le cadre d'un stockage analogique, cela n'a pas de conséquences graves, la plupart du temps. En revanche, avec le stockage numérique, les effets peuvent être désastreux selon où et à quelle fréquence les erreurs apparaissent. C'est pourquoi un microprogramme contrôle continuellement si les données aussi sont correctes et les corrige lui-même si nécessaire, sans que les utilisateurs ne le remarquent. Les algorithmes du microprogramme ne peuvent cependant qu'éliminer un nombre limité d'erreurs ; si la limite est franchie, le support tombe en panne et doit être remplacé. Les disques durs d'une capacité allant jusqu'à 2 To sont à cet égard actuellement un peu plus sûrs que les disques durs de capacité plus élevée [▶ chap. 4.3.8].

En cas de stockage redondant (par exemple au moyen d'une architecture RAID (Redundant Array of Independent Disks), les données du support remplacé peuvent être reconstituées ; il faut sinon recourir à une copie de sécurité. Si pareille copie venait à faire défaut, les données seraient perdues.

La pérennité d'un fichier dépend donc essentiellement aussi, en plus d'un format approprié, de la redondance de son stockage. Plus les copies sont nombreuses, plus l'information est redondante à l'intérieur d'une copie, et plus la probabilité de la conservation à long terme du fichiers sera

grande. La règle des «3-2-1» permet une représentation très simple de ce principe : 3 copies des fichiers importants doivent être sauvegardées sur 2 supports différents et 1 copie doit être conservée «offsite», c'est-à-dire éloignée géographiquement du service d'archives.³ Le choix des media de stockage et leur dissémination physique co-déterminent le niveau de sécurité.

La redondance, la duplication et le contrôle sont donc des piliers fondamentaux de l'archivage numérique. Il convient de comparer différentes offres et de recourir à l'avis de tierces personnes, aussi bien pour la création d'une structure informatique dans son propre service d'archives que pour une solution de conservation externe des données à archiver. Memoriav peut en pareils cas servir d'intermédiaire.

4.3.8 Infrastructure informatique

Les pilotes de périphérique et les systèmes d'exploitation sont soumis à des cycles de développement courts, à l'instar du reste de l'industrie informatique. Un soutien logiciel insuffisant entre deux mises à jour (updates) peut rendre obsolètes des équipements (hardware) parfaitement fonctionnels. Au niveau hardware, le simple manque de câbles de connexion et d'interfaces spécifiques empêche le branchement des périphériques. Les interfaces entre les appareils de lecture et l'ordinateur (pilote ou «driver») se modifient constamment et c'est ainsi qu'un vieil appareil de lecture ne se laisse souvent plus aussi facilement connecter avec un ordinateur moderne. Il est de ce fait nécessaire d'observer l'évolution des logiciels (software) et des équipements (hardware) employés et de réagir en conséquence face aux nouveautés. Dans le choix de l'environnement informatique

(appareils, interfaces, systèmes d'exploitation, pilotes/gestionnaires de périphériques), il faut donc tenir compte de la diffusion, de la durée de vie du matériel ou du support de longue durée assuré par l'industrie et il ne faut pas seulement se focaliser sur le choix des formats de fichiers [► le tableau d'évaluation des formats dans le chap. 5.2].

Des méthodes comme l'émulation ou le pilotage au moyen d'instructions par ligne de commande offrent certes des possibilités de faire face à ce problème, mais sont très coûteuses en temps et peuvent n'être appliquées que par des informaticiens spécialistes, ce qui entraîne des coûts élevés. Une collaboration étroite institutionnalisée entre les responsables informatiques et les responsables des archives est de ce fait une condition préalable pour des solutions durables lors de la planification et de la gestion d'un système d'archivage numérique.

La combinaison d'un stockage sur des serveurs ou des lecteurs de disque dur (HDD Hard Disk Drive) et d'un stockage hors ligne sur bandes, comme les bandes magnétiques au format ouvert LTO (Linear Tape Open), ainsi que la séparation géographique du stockage des différentes copies sont recommandées pour l'archivage de fichiers. LTO est largement soutenu par un consortium, lequel a établi une carte de route des futurs développements, qui définit et informe sur ces changements plusieurs années à l'avance.

Les bandes LTO sont lisibles deux générations en arrière et peuvent être réécrites une génération en arrière.

Un problème subsiste quant au formatage de ces bandes, qui n'est pas standardisé. Le formatage dit TAR (Tape Archiver) est en Open Source. TAR rend cependant l'accès aux fichiers un peu difficile, parce que l'index et le contenu doivent d'abord être ouverts, avant qu'un accès puisse avoir lieu. Un index endommagé peut interdire l'accès aux fichiers. Le temps d'accès lent et l'accès séquentiel constituent

³ Peter Krogh, American Society of Media Photographers; voir : [Link nicht mehr aktiv ? bitte aktualisierien] <http://dpbestflow.org/node/262#321>

généralement un désavantage des bandes informatiques. La génération 5 des LTO a vu l'introduction du Linear Tape File System (LTFS), lui aussi une solution de formatage Open Source des bandes, qui augmente considérablement la compatibilité de LTO et qui peut être objectivement recommandé pour l'archivage. Le contenu d'une bande LTO peut être alors traité de façon comparable au contenu d'un disque dur.

Aucun des supports de stockage susmentionnés n'est conçu pour une conservation de longue durée sur une étagère; Les lecteurs de disque dur ou les bandes magnétiques sont des composantes échangeables dans l'infrastructure d'un système d'archivage et sont idéalement conservés dans une «Library» où des procédures automatisées de contrôle de la lisibilité et de capacité de fonctionnement («bitstream preservation») sont appliquées et où les supports défectueux peuvent être facilement identifiés et remplacés. Certes, si seules quelques bandes magnétiques sont utilisées, à l'unique fin de disposer de copies de sécurité, une «Library» n'est pas indispensable.

Dans la pratique, la quantité de données archivées n'atteint pas toujours une masse critique qui justifierait économiquement l'acquisition d'une «Library» et amène à poser la question de la méthode appropriée et des conditions de conservation à moyen terme. Néanmoins, la question de l'obsolescence (outre celle de la lisibilité, susmentionnée) joue un rôle essentiellement plus important. Autrement dit : si des bandes magnétiques ne sont pas exposées à des conditions extrêmes ou totalement inadéquates, elles n'en doivent pas moins être migrées avant l'apparition d'une altération physique, à cause de l'obsolescence des appareils de lecture. En matière d'archivage numérique, ces migrations inévitables («preservation planning») pèsent en conséquence plus lourd dans la prise de décision que les conditions physiques de conservation.

4.3.9 Tailles des fichiers et systèmes de fichiers

En règle générale, les copies numériques audiovisuelles sont constituées soit d'un gigantesque fichier (fichiers conte-neurs), soit de séries volumineuses de plus petits fichiers (comme des images isolées). Dans les deux cas, leur traitement pousse les systèmes d'exploitation courants à leur limite, parce que les tailles des fichiers ainsi que le nombre de fichiers par répertoire sont limités en fonction du système de fichiers, lequel dépend du système d'exploitation utilisé.

Pour une quantité totale à stocker inférieure ou égale à 2,2 To (avec des fichiers de moins de 4 Go), on ne dénombre pas de problèmes insurmontables. Pour des quantités de données/de fichiers à traiter plus élevées et qui, de ce fait, doivent être adressées avec plus de 32 bits, différentes solutions ont été développées, incompatibles entre elles.

Sur les disques durs des ordinateurs avec un système d'exploitation Microsoft, on trouve généralement les systèmes des fichiers FAT32 (32 bit) ou NTFS (32 ou 64 bit). Macintosh recourt à un système d'exploitation propre Mac OS (Extended), aussi connu sous la désignation de HFS+ (64 bit). Chaque système de fichiers a pour fonction de permettre à l'ordinateur d'identifier et de montrer les contenus des disques durs. Les droits de lecture et d'écriture sont eux aussi influencés par la combinaison du système d'exploitation et du système de fichiers.

La copie de fichiers avec les fonctions glisser-déposer («drag & drop») ou copier-coller («copy & paste») est une source d'erreurs (i. e. stockage au mauvais endroit); ces erreurs ne jouent pas un rôle décisif dans l'usage quotidien. Lorsqu'on a affaire à de très gros volumes de données (qu'il s'agisse de fichiers volumineux ou très nombreux), elles peuvent devenir préoccupantes. Les processus de copie à un niveau inférieur du système d'exploitation (ligne de commande dans la console de saisie) sont moins susceptibles

d'erreurs qu'à partir d'une interface utilisateur graphique. Par ex. : la ligne de commande «cp» ou «copy» copie certes parfaitement les données qui se trouvent dans un fichier mais elle ne copie pas le fichier lui-même ; la fonction «ditto» copiera et les données et le fichier. Fondamentalement, des sommes de contrôle («checksum» en anglais) devraient être établies dans chaque cas pour garantir ou contrôler l'intégrité des fichiers (par ex. MD5, SHA-1) [► chap. 5.3.3].

4.3.9.1 Système d'exploitation de Microsoft

Volume / Taille de fichier maximale :

FAT32 : taille maximale 4 Go

NTFS : taille de fichier non limitée

Quantité maximale de fichiers dans un répertoire :

FAT16 : 512

FAT32 : 65 534 fichiers ou répertoires par répertoire

NTFS : 4 294 967 295

4.3.9.2 Système d'exploitation de Macintosh

Volume / Taille de fichier maximale (dépend de l'OS) :

Mac OS X v10.3-10.5.2 : 16 TB

À partir de Mac OS X v10.5.3 : presque 8 EB

1 EB = 1 Exabyte = 1 000 000 TB = 10¹⁸ Bytes

Quantité maximale de fichiers dans un répertoire :

HFS/HFS+ : 4 294 967 295 fichiers ou répertoires par répertoire

4.4 Questions éthiques

Garder des œuvres, des documents dans la forme dans laquelle ils ont été transmis, soit la conservation, est une mission centrale des institutions de mémoire. Cette mission fondamentale est antinomique d'autres missions centrales comme l'accès : congeler par ex. un rouleau de film durablement à -20 °C permettra quasiment de garantir la conservation de ce film. Il est ainsi certes conservé mais il n'est pas

encore utilisable, son contenu n'est pas visible. La conservation est inutile, son objectif n'est pas atteint. L'utilisation des ressources se justifie difficilement et les moyens pour atteindre cette fin sont quasi impossibles à se procurer, si le film ne peut pas être visionné.

L'antinomie dans le rapport entre la conservation et l'utilisation des médias analogiques est renforcée par le fait que ces médias s'usent à chaque sollicitation. Si idéalement, il s'agit de présenter l'œuvre dans une des formes qui correspond à la perception de l'œuvre lors de sa sortie et/ou au fil du temps de son évaluation, on tombe d'autant plus dans une contradiction en voulant conserver en l'état l'existant et présenter l'objet dans sa forme originale. Les institutions patrimoniales doivent de ce fait trouver un compromis qui fasse sens entre les différents facteurs que sont :

- l'état de l'existant ;
- les connaissances sur l'état original ;
- le potentiel des possibilités techniques modernes.

Chaque technologie de restitution produit des artefacts pour des raisons techniques. Ces artefacts se fondent avec le contenu originel de l'œuvre de manière irrémédiable. Ils sont perçus de façon ambivalente au moment de l'enregistrement mais aussi plus tard : souvent vus comme un défaut, parfois aussi comme une part importante de la création (par ex. comme élément de style ou comme partie du «message»), mais le plus souvent comme moyen conscient ou inconscient de dater l'œuvre. Le transfert d'une forme à une autre, qu'il soit d'analogique à analogique, d'analogique à numérique, voire, selon le procédé, de numérique à numérique, imprènera l'œuvre en question à son tour, en tant que procédé technique. Pour éviter que des effets très négatifs ou simplement incontrôlés de la numérisation touchent l'esthétique de l'œuvre et afin

de pouvoir décider en toute connaissance de cause quant à la modification de la forme des documents, il faut donc aussi être au clair sur quelques points :

- la numérisation modifie la qualité, les possibilités et le type de réception d’une œuvre ;
- la copie numérique est obligatoirement perçue autrement lors de la restitution numérique que l’original analogique et que la restitution analogique de l’original.
- Les artefacts numériques se fondent de manière irréversible avec les artefacts analogiques et ne peuvent en général plus en être différenciés visuellement. Une analyse approfondie est complexe et ne livre qu’un nombre limité de résultats utilisables.
- une numérisation insuffisante influera négativement et lourdement les points énoncés ci-dessus. [► illustration n° 18, p. 46]

Il est important de connaître les caractéristiques des médias analogiques de départ ainsi que celles des formats numériques cibles potentiels, afin de concevoir des cycles de travail judicieux et de pouvoir documenter les contextes de production et de transmission. Les questions suivantes, fondamentales, doivent être posées, en particulier pour les documents à caractère d’œuvre d’art et la réponse doit y être apportée en relation avec le projet :

- A-t-on le droit, grâce aux moyens modernes, de faire ressortir techniquement des éléments d’origine, qu’il n’était pas possible d’avoir «à l’époque» ?
- Dans quelle mesure les auteurs et les décideurs de l’époque encore vivants peuvent-ils influencer la restauration ? Quelle place accorder à l’opinion actuelle de l’artiste ou de l’auteur-e ?
- Que doit-on faire aujourd’hui, alors qu’au moyen du matériel d’origine et de la technique actuelle il est possible

de concrétiser ce que les artistes d’alors voulaient mais ne pouvaient que partiellement ou pas du tout réaliser ?

- Dans quelle mesure la restauration doit-elle dépendre de la réception de l’œuvre par le public et la manière dont l’œuvre a été perçue au fil du temps ?

La réponse à ces questions ne doit pas être générale et univoque. Des approches différentes quant à la visualisation nouvelle des documents hérités du passé ont conduit à tous les niveaux à des discussions enflammées sur ce qui est éthiquement permis ou non. Définir des règles de conduite claires est souvent rendu encore plus difficile par le fait que les interventions peuvent être réalisées avec divers degrés d’intensité.

En guise d’orientation on peut énoncer trois principes, qui seront présentés et complétés dans les extraits de norme du chapitre 4.4.2 :

- La probabilité qu’une œuvre continue à être conservée est plus grande lorsque son intégrité a été maintenue.
- Toutes les possibilités de traitement qui existaient avant l’intervention doivent rester possibles après l’intervention.
- Chaque phase du traitement doit être soigneusement documentée.

4.4.1 Restauration versus Re-crétion

Lorsque des films historiques ou des vidéos sont publiés une nouvelle fois, on parle souvent de «version restaurée». Ce terme est souvent utilisé après des interventions qui vont au-delà, clairement, des limites éthiques de la restauration. Par ex. lors de la coupure («cropping») de l’image pour le transfert d’une œuvre du rapport 4:3 au rapport 16:9, ou lors de la colorisation automatisée de films noir et blanc, lors de l’utilisation de bandes-sons («soundtracks»), non contemporaines, pour des films muets classiques. C’est

pour cette raison que les termes de restauration et de re-création se sont imposés pour distinguer les traitements menés à l'intérieur ou à l'extérieur des limites éthiques. La re-création a lieu dans les cas où les limites éthiques décrites ont été franchies et où un original neuf, semblable à l'original, est produit.

Comme la question de savoir si la version traitée est une restauration ou une re-création, est le plus souvent très complexe et que la frontière entre les deux est difficile à établir, la décision quant à cette catégorisation reste dépendante du contexte. La réponse doit cependant s'orienter grâce aux normes existantes [🔴 chap. 4.4.2].⁴

4.4.2 Normes éthiques

Les différentes associations professionnelles nationales et internationales des divers professionnels travaillant dans des institutions patrimoniales ont convenu dans leurs chartes/codes éthiques de normes qui peuvent aussi faire référence dans le cadre des projets de numérisation.

- Association des archivistes suisses/Conseil international des archives : «(...) Les archivistes maintiennent l'intégrité des archives et garantissent ainsi qu'elles constituent un témoignage du passé durable et digne de foi. Le devoir premier des archivistes est de maintenir l'intégrité des documents qui relèvent de leurs soins et de leur surveillance. (...) Les archivistes préservent l'authenticité des documents lors des opérations de traitement, de conservation et d'exploitation. Les archivistes font en sorte que la valeur archivistique des documents, y compris les documents électroniques ou informatiques, ne soit pas diminuée par les travaux archivistiques de tri, de classement et d'inventaire, de conservation et d'exploitation. (...)»⁵

- AMIA, The Association of Moving Image Archivists : «(...) To restore and preserve artifacts without altering the original materials, whenever possible. To properly document any restoration/preservation decisions and to make decisions consistent with the intentions of the creators, whenever appropriate. To balance the priority of protecting the physical integrity of objects/artifacts with facilitating safe and non-discriminatory access to them. (...)»⁶
- European Confederation of Conservator-Restorers' Organisations : «(...)The fundamental role of the Conservator-Restorer is the preservation of cultural heritage for the benefit of present and future generations. The Conservator-Restorer contributes to the perception, appreciation and understanding of cultural heritage in respect of its environmental context and its significance and physical properties. (...) Conservation consists mainly of direct action carried out on cultural heritage with the aim of stabilising condition and retarding further deterioration. Restoration consists of direct action carried out on damaged or deteriorated cultural heritage with the aim of facilitating its perception, appreciation and understanding, while respecting as far as possible its aesthetic, historic and physical properties. Documentation consists of the accurate pictorial and written record of all procedures carried out, and the rationale behind them. A copy of the report must be submitted to the owner or custodian of the cultural heritage and must remain accessible. Any further requirements for the storage,

4 Voir aussi à ce sujet Edmonson, Ray, *Audiovisual Archiving: Philosophy and Principles*, p. 62, <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001364/136477e.pdf> [28.10.2015]

5 Le code éthique de l'AAS est disponible en version allemande seulement, <http://vsa-aas.ch/beruf/ethikkodex/> [2.10.2015]; adopté en 1998, il reprend la version allemande du Code de déontologie des archivistes de l'ICA. Pour la version française, voir https://www.ica.org/sites/default/files/ICA_1996-09-06_code%20of%20ethics_FR.pdf [14.11.2019]

maintenance, display or access to the cultural property should be specified in this document. (...)»⁶

- Conseil international des musées : « (...) 2.24 Conservation et Restauration des collections. Le musée doit suivre avec attention l'état des collections pour déterminer quand un objet ou spécimen requiert l'intervention ou les services d'un conservateur-restaurateur qualifié. Le but principal d'une intervention doit être la stabilisation de l'objet ou du spécimen. Toute procédure de conservation doit être documentée et aussi réversible que possible ; toute transformation de l'objet ou spécimen original doit être clairement identifiable. (...)»⁷
- Fédération Internationale des Archives du Film : « (...) Les archives du film et les archivistes du film sont les gardiens du patrimoine mondial des images animées. Il leur appartient de protéger ce patrimoine et de le transmettre à la postérité dans les meilleures conditions possibles et dans la forme la plus fidèle possible à l'œuvre originale. Les archives du film ont un devoir de respect à l'égard des originaux qu'elles conservent, aussi longtemps que ces documents sont en bon état. Lorsque les circonstances rendent nécessaires le transfert des originaux sur un nouveau support, les archives ont le devoir de respecter le format des originaux. (...) 1.4. Lorsqu'elles copient des documents à des fins de conservation, les archives s'abstiendront de remonter, ou de modifier la nature de l'œuvre. Dans les limites des possibilités techniques disponibles, les nouvelles copies de conservation devront être des répliques fidèles des documents d'origine. Les procédés utilisés pour effectuer les copies, ainsi que les choix techniques et esthétiques opérés, seront commentés de manière précise et exhaustive. 1.5. Lorsqu'elles restaurent des documents, les archives s'engagent à compléter ce qui est incomplet, à supprimer les effets du

temps, de l'usure et des erreurs, à l'exclusion de toute modification ou déformation des documents d'origine et des intentions de leurs créateurs. (...) 1.7. La nature et la justification de toute décision controversée au sujet d'une restauration ou d'une présentation des documents d'archives seront enregistrées et tenues à la disposition du public ou des chercheurs. 1.8. Les archives ne détruiront pas des documents sans motifs, même quand ceux-ci ont été restaurés ou sauvegardés. Lorsque cela est légalement et administrativement possible, et que toutes les conditions de sécurité sont réunies, les archives continueront à permettre l'accès aux copies nitrate de visionnement tant que leur état physico-chimique le permet. (...)»⁸

- IASA, International Association of Sound and Audiovisual Archives : «[...] sound and audiovisual recordings and associated materials (including original carriers) shall be treated with appropriate respect and mishandling by unskilled operators should be avoided. They need to be conserved according the latest technology to minimise deterioration. Their original content and physical representation shall be safeguarded from being modified, truncated, extended, falsified or censored in any way. Archivists' obligations also include the permanent care of accompanying materials (photographs, notes, etc.) and the handling of the description of the contents of the recordings (for metadata, catalogues and discography, and other publications).

6 AMIA, *Code of Ethics*, <http://www.amianet.org/about/code-of-ethics> [2.10.2015]

7 ECCO, *Professional Guidelines*, <http://www.ecco-eu.org/about-e.c.c.o./professional-guidelines.html> [2.10.2015]

8 ICOM, *Code de déontologie de l'ICOM pour les musées*, <https://www.museums.ch/fr/publications/standards/code-de-d%C3%A9ontologie.html> [14.11.2019]

[...] Any kind of preservation, restoration, transfer and migration and of sound and audiovisual content should be done in such a way as to avoid or minimize the loss of data and other relevant information on the original recording. In addition, ancillary information, which may be part of the original sound or AV document (i.e., content and carrier) in manifold forms, should be safeguarded. The original carriers should be preserved in useable condition for as long as is feasible. This also applies to all digitized materials, since the technology and methods of signal extraction and analogue-digital-transfer are still subject to further development, and original carriers – and packaging – often provide ancillary information. [...] Transfers made from old to new archive formats should be carried out without subjective signal alterations. Any kind of subjective signal enhancement (like de-noising, etc.) must only be applied on a copy of the unmodified archival transfer (e.g. on access copies, see TCo3, chapters 7-8).

All preservation actions, restoration, transfer and migration processes (including long-term digital storage procedures), should always be accompanied by careful documentation, in order to provide all relevant specifications that ensure the authenticity of the primary data and prevent the loss of primary, secondary, and contextual information constituted by the original AV document. Technicians working in an archival preservation setting must ensure that they document any alterations of sounds and audiovisual data done for other specific purposes such as types of dissemination. Technicians whose work involves the creation of information systems for cataloguing sound and audiovisual collections should also avoid data loss in those systems.

[...] The main technical aspects are that access should not do any harm to the physical integrity of the document and, on the other hand, the user should be given the possibility to access all the content relevant for the document.» [Fussnote: International Association of Sound and Audiovisual Archives (Hrsg.) Ethical Principles for Sound and Audiovisual Archives. IASA Special Publication No. 6, 2011, <https://www.iasa-web.org/ethical-principles> [30.8.2019].

- ECCO, European Confederation of Conservator-Restorers' Organisations : « (...)The fundamental role of the Conservator-Restorer is the preservation of cultural heritage for the benefit of present and future generations. The Conservator-Restorer contributes to the perception, appreciation and understanding of cultural heritage in respect of its environmental context and its significance and physical properties. (...) Conservation consists mainly of direct action carried out on cultural heritage with the aim of stabilising condition and retarding further deterioration. Restoration consists of direct action carried out on damaged or deteriorated cultural heritage with the aim of facilitating its perception, appreciation and understanding, while respecting as far as possible its aesthetic, historic and physical properties. Documentation consists of the accurate pictorial and written record of all procedures carried out, and the rationale behind them. A copy of the report must be submitted to the owner or custodian of the cultural heritage and must remain accessible. Any further requirements for the storage, maintenance, display or access to the cultural property should be specified in this document. (...) »⁹

⁹ FIAF, *Code d'éthique*, <http://www.fiafnet.org/~fiafnet/fr/members/ethics.html> [3.10.2015]

Comme les trois principes fondamentaux le mentionnent déjà [▶ chap. 4.4], la documentation des décisions et de tout acte conservateur et/ou restaurateur occupe un rôle central dans toutes les éthiques professionnelles. Appliqué à la numérisation, ceci signifierait, par ex., que toutes les mesures de préparation (nettoyage, séchage, etc.), de mise en œuvre pratique (appareils et logiciels utilisés, chemin du signal, etc.) et de contrôle (sommets de contrôle, visualisations, etc.) des films ou vidéos numérisés doivent être consignées et que cette documentation doit être archivée conjointement.

L'objectif visé, tel qu'il est compris par tous les codes éthiques, c'est la conservation de la «substance» des documents ou œuvres, sans interventions non nécessaires ou qui s'écarteraient des intentions ou des possibilités des auteurs. Ceci vaut bien que la conservation l'emporte sur la restauration, si les ressources disponibles ne suffisent pas pour les deux. Le terme de «substance» doit être compris comme la valeur artistique, mais aussi sûrement comme l'intégrité, l'authenticité et la valeur archivistique (valeur de preuve). Une numérisation va inévitablement aller au-delà d'une simple conservation et influera, comme noté ci-dessus, sur la «substance» et la perception de cette dernière. De plus, après une numérisation, l'intégrité et l'authenticité, par ex., d'un document peuvent ne plus être garantis que par des métadonnées fiables.

Les originaux doivent être traités avec autant de ménagement que possible et doivent être conservés autant que possible toujours dans les conditions appropriées, qui freineront le processus d'altération. Comme déjà mentionné, cette protection doit être mise en regard de l'objectif visant l'accès et la possibilité d'utiliser l'objet.

Si les circonstances exigent un remplacement des originaux par des copies, le format original et ses propriétés

caractéristiques doivent être respectés, et même après une numérisation les originaux ne doivent jamais être détruits sans nécessité.

Les chapitres précédents ont exposé les principes de base du traitement des films et vidéos, et traité des questions liées à leur archivage numérique. Le présent chapitre formule des estimations et des recommandations plus concrètes.

5.1 Archivage numérique, généralités

C'est un savoir spécialisé étendu et une infrastructure spécifique qui sont nécessaires pour traiter correctement les médias analogiques et numériques. Ils sont d'autant plus nécessaires lorsque la numérisation et/ou la conservation numérique à long terme doivent se faire dans l'institution elle-même. Il s'ensuit la question de fond de savoir dans quelle mesure les compétences et les infrastructures propres peuvent être élargies, quelles prestations peuvent être externalisées et quelles sont les limites des ressources humaines et financières [▶ chap. 4.1.1].

De nombreux services d'archives disposent aujourd'hui d'une solution d'archivage numérique pour les documents de l'administration et sont par ex. connectés aux serveurs des archives cantonales. Il s'agit là de bonnes conditions préalables mais il ne faut pas oublier qu'avec les fichiers au contenu audiovisuel, il s'agit de volumes de données qui dépassent au multiple les documents administratifs typiques ou les documents en format texte, spécialement lorsque les documents présentent les formats d'archivage recommandés. Il n'est donc souvent pas possible d'intégrer, sans autre, du matériel audiovisuel numérique dans le système d'archivage numérique existant. Les points suivants sont importants pour vérifier si les exigences sont remplies ou non [▶ chap. 4.1].

1. Inventaire quantitatif et qualitatif (volume total, médias, état).
2. Identification des objets audiovisuels.

3. Évaluation archivistique et priorisation des mesures de conservation.
4. Concept de conservation :
 - a. choix des formats cibles appropriés (format d'archivage et copies d'utilisation) ;
 - b. choix de l'infrastructure technique pour la numérisation et préparation des données ;
 - c. choix des solutions de stockage.
5. Concept de classement et de description : métadonnées importées et générées par le processus, métadonnées techniques et descriptives, normes, etc.
6. Concept d'accès et d'utilisation : instruments de recherche, infrastructure d'accès et d'utilisation.
7. Établissement d'un plan d'urgence et de gestion des risques. Examen du bâtiment et des conditions climatiques (sont-ils appropriés ?)
8. Plan de financement (pour la numérisation ET la conservation ainsi que pour l'entretien à long terme des données issues de la numérisation).

Il faut également prêter attention aux points suivants :

- Le personnel responsable doit avoir la possibilité de payer les compétences de base et de suivre une formation continue. Pour la mise en œuvre détaillée, il faut néanmoins recourir à des expert-e-s (en informatique, en restauration, etc.) ;
- Les changements dus à la conservation à long terme doivent être des critères décisifs pour la prise de décision. Ce principe doit régir la technique informatique, soumise à des changements plus rapides et intenses, mais aussi les ressources financières et humaines.
- La construction de l'infrastructure pour la conservation de longue durée doit être planifiée de telle façon que le service d'archives puisse préserver le statu quo même

lorsque la situation des moyens financiers et en personnel devient critique. Dans l'industrie, des fusions ou des achats d'entreprises, par ex., peuvent amener à négliger les archives.

- Un plan d'urgence doit exister pour faire face à des situations extrêmes comme des catastrophes et des coupes financières sévères.
- Le concept existant de l'archivage à long terme doit être régulièrement remis en question et amélioré car les conditions cadre techniques sont soumises à une évolution perpétuelle.
- Il faut clarifier la manière dont les fonds et collections se développent dans l'institution patrimoniale. L'espace, l'infrastructure et les plans d'urgence doivent aussi tenir compte de l'accroissement prévu.
- Pour garantir la qualité, des mécanismes de contrôle réguliers sont indispensables : en font partie le contrôle d'entrée lors de la réception, le contrôle pendant le traitement, ainsi que la maintenance et le contrôle régulier des fichiers archivés.
- Les copies d'utilisation ne doivent pas être conservées dans le respect des mêmes exigences que les copies numériques d'archivage à long terme. Elles doivent avant tout être stockées ailleurs ou être accessibles par une autre infrastructure, parce qu'elles sont utilisées plus souvent et par un autre type d'utilisateur. Si les exigences et recommandations susmentionnées ne peuvent pas être remplies en interne, il existe la possibilité de confier, sous forme de dépôt ou de don, les médias que l'on ne peut pas prendre en charge correctement à des institutions patrimoniales spécialisées. L'accès au moyen de copies d'utilisation numériques devrait alors être garanti dans le service d'archives original. Une communication active doit exister entre le service d'archives

d'origine et le service récepteur. Cette communication doit également porter sur les mesures et les modifications relatives aux documents d'archives transférés. Les copies d'utilisation doivent être actualisées. Les formats qui ne peuvent pas être traités par l'institution même doivent être remis à des prestataires externes pour traitement. Memoriav peut offrir soutien et conseils pour ces démarches/transactions.

5.2 Evaluation des supports et formats de fichiers vidéo les plus courants

Le format de fichier et le support de données sont très importants pour assurer aux documents la plus longue durée de vie possible. L'évaluation qui va suivre des formats de fichiers vidéo et des formats des supports a été menée par le groupe de travail interdisciplinaire de Memoriav et soumise à l'examen du Réseau de compétences vidéo/TV de Memoriav. Les formats ont été sélectionnés en fonction de leur «archivabilité» respectivement de leur disposition pour une conservation à long terme. Ils ne concernent donc que des copies destinées à l'archivage, et non les copies d'utilisation ou pour un autre usage. Ces dernières ne doivent en effet pas répondre aux mêmes exigences que les copies d'archive.

L'évaluation se base sur les critères que le réseau de compétence NESTOR pour l'archivage et la mise à disposition à long terme des ressources numériques a publié dans son manuel, «Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung».¹⁰ Les exigences indiquées dans ce manuel ne valent pas seulement pour les copies numériques mais aussi pour les documentations numériques ou numérisées et pour les métadonnées.

10 H. Neuroth, A. Osswald, R. Scheffel, S. Strathmann, K. Huth, *nestor Handbuch: Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung*, p. 147 sq., http://nestor.sub.uni-goettingen.de/handbuch/nestor-handbuch_23.pdf [20.10.2015]

Les codecs mentionnés dans le tableau sont déjà utilisés dans des institutions patrimoniales. Nous n’entrons pas en matière sur d’autres codecs (par ex. HuffYUV, Lagarith, etc.), qui permettent aussi une compression sans perte, mais qui sont dans notre pays (CH) peu voire pas du tout utilisés. L’évaluation est faite sur trois niveaux, à savoir :

Recommandé : sur la base des critères de NESTOR, le codec se prête sans restriction à une utilisation future et peut être conservé à long terme.

Recommandé sous conditions : le codec empêche certaines possibilités futures d’utilisation mais peut néanmoins être recommandé sous réserve des conditions mentionnées.

Pas recommandé : le codec empêche d’importantes possibilités futures d’utilisation et de migration. En clair : compressé avec perte, propriétaire, non normalisé, risque d’obsolescence, support inapproprié.

5.2.1 MPEG-4 : indications complémentaires

Le format conteneur MP4 et le codec H.264 sont souvent mentionnés en relation avec des fichiers à forte compression (et risque de perte), qui sont optimisés pour Internet. Ces formats, MPEG-4 ou H.264, peuvent cependant, en plus des données compressées avec des pertes invisibles à l’œil nu, et des données compressées avec perte, qui sont les plus couramment utilisées, contenir aussi un échantillonnage $Y'CbCr$ 4:2:2 non compressé. Cette configuration, bien que rarement présentée, pourrait fort bien servir de format d’archivage.

5.2.2 JPEG 2000, Motion JPEG 2000 et FFV1 : indications complémentaires

Le JPEG 2000 (J2K), qui est dans son essence un format Open Source, a été introduit en 2000 et conçu pour les

images fixes. Il s’agit d’un format compressé de fichier, avec une compression Intraframe, basée sur la technique de «compression par ondelettes» (dite «wavelet compression» en anglais, soit la décomposition de l’image numérique en ondelettes). La compression par ondelettes donne de meilleurs résultats visuels que la compression spatiale courante JPEG, et ce pour la même réduction du volume de données. Cette technique permet une compression sans perte ou avec perte. La compression sans perte diminue en moyenne les fichiers d’environ la moitié de leur taille, ce qui représente une réduction modérée. De façon concomitante, la puissance de calcul nécessaire pour l’exécution de la compression et pour la lecture des fichiers compressés est très élevée. S’ajoute un autre désavantage, l’absence d’applications orientées utilisateurs. Ces deux raisons ont empêché la diffusion du codec jusqu’à présent. Même l’implémentation standardisée (et avec elle la compatibilité entre différentes applications) est remise, à tout le moins, en question. Il n’est jusqu’à présent pas clair si ce format de fichier peut vraiment s’imposer dans des institutions patrimoniales [► illustration n° 19, p. 67].

Le codec J2K est cependant employé en conformité avec le standard ISO/IEC 15444-1 pour la fabrication d’éléments de projection cinématographiques. Les éléments de projection sont délivrés sous forme d’un ensemble de fichiers, nommé Digital Cinema Package (DCP). Ces éléments étant de nos jours souvent les seuls à être proposés comme versement aux services d’archives, une évaluation du codec se fait nécessairement sous cette forme. L’important est de retenir que les DCPs ne conviennent normalement pas pour l’archivage. La compression J2K employée dans ce cadre est une compression avec perte ; des métadonnées importantes manquent. Les DCPs sont généralement aussi pourvus d’une clé de sécurité numérique, dans le but de contrô-

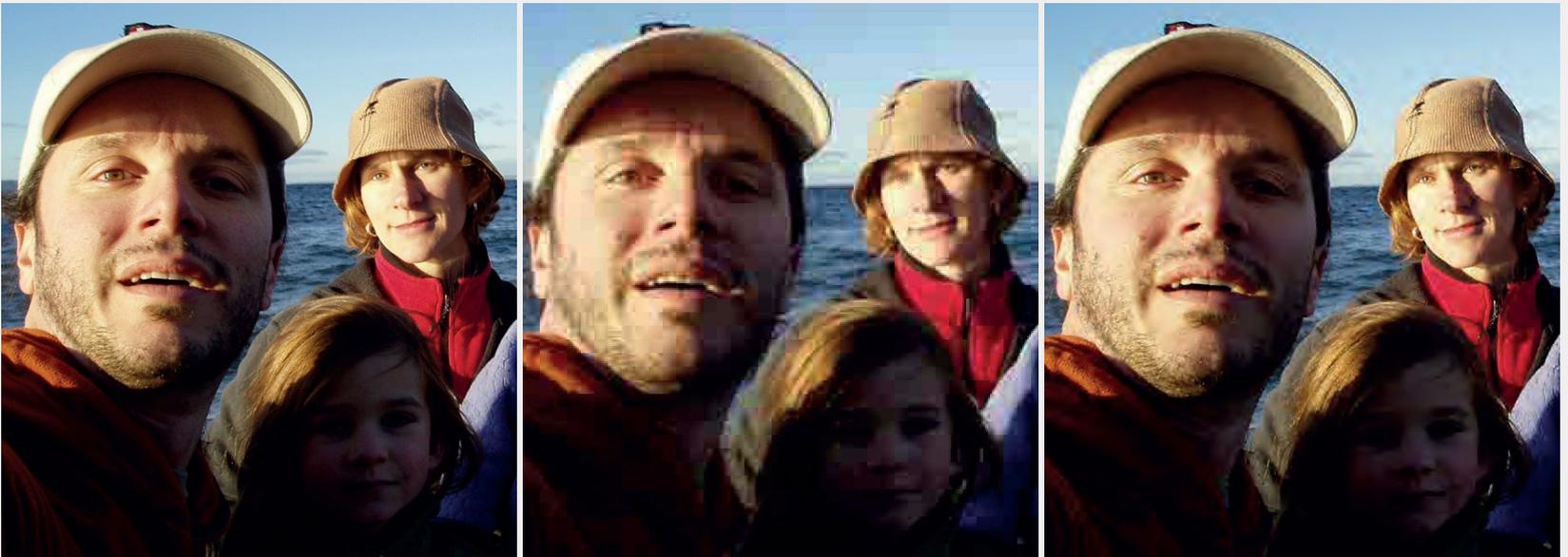
Catégorie	Format de fichier (lin : linéaire log : logarithmique)	Débit	Domaine d'application du format	Archivabilité	Commentaire
Images fixes (film uniquement)	TIFF non compressé (8/16 bits lin)		Enregistrement, post-production, archivage	Recommandé (sans Layer)	Très répandu, normalisé, non compressé; TIFF 8 lin n'offre pas de résolution suffisante de la chrominance. Au vu des capacités de traitement et de stockage actuelles, ce format n'est plus un compromis recommandable (comme lors de notre 1 ^{ère} édition).
	TIFF avec compression LZW		Enregistrement, post-production	Recommandé sous conditions	Compressé, problèmes de compatibilité possibles entre différentes versions software
	DPX (10 bits, 12 et 16 bits)		Enregistrement, post-production, archivage	Recommandé	Très répandu, non compressé, standard de l'industrie (SMPTE 268M-2003); différentes sous-catégories existent
	JPEG 2000		Post-production, distribution, archivage	Recommandé sous conditions	Demande une puissance de calcul importante; diffusion pas encore garantie; pas exempt de coûts de licences
	JPG (compression intraframe modulable)		Enregistrement, post-production	Pas recommandé	Compression avec perte
Codecs vidéo	DV (SD seulement)	25 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Recommandé sous conditions	Sa grande diffusion comme format de production dans le domaine amateur et semi-professionnel permet de le recommander sous conditions
	MPEG IMX (MPEG-2, SD seulement)	50 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Recommandé sous conditions	Sa grande diffusion dans le domaine télévisuel permet de le recommander sous conditions
	DVCPro50 (SD seulement)	50 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Recommandé sous conditions	Diffusion limitée, format propriétaire (supporté seulement par Panasonic)
	DVCPro100 (HD seulement)	100 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Recommandé sous conditions	Diffusion limitée, format propriétaire (supporté seulement par Panasonic)
	10 bits, 4:2:2, non compressé (par ex. v210)	SD: 207 Mbit/s HD: 1,04 Gbit/s	Post-production, distribution (rarement), archivage	Recommandé	Influence minimale sur la qualité visuelle au moyen d'un sous-échantillonnage malgré la réduction considérable des données; diffusion principalement dans les musées, v210 est un Apple-Codec
	10 bits, 4:4:4, non compressé (par ex. v410, HD seulement)	1,56 Gbit/s	Post-production, distribution (rarement), archivage	Recommandé	Cf. HDCam SR (voir ci-dessous)
	8 bits, 4:2:2, non compressé (par ex. YUY2 ou 2yuy)	SD: 165 Mbit/s HD: 830 Mbit/s	Post-production, distribution (rarement), archivage	Recommandé	Influence minimale sur la qualité visuelle au moyen d'un sous-échantillonnage malgré la réduction considérable des données; peu diffusé

Catégorie	Format de fichier (lin : linéaire log : logarithmique)	Débit	Domaine d'application du format	Archivabilité	Commentaire
	H.264/AVC (Advanced Video Coding)	variable	Production, distribution	Non recommandé	Pas de standard unique; voir les indications complémentaires ci-dessous
	H.265/HEVC (High Efficiency Video Coding) Apple ProRes	variable	Distribution	Non recommandé	Le standard existe, la compression est bien plus efficace qu'avec H.264
	Apple ProRes	SD: 30-62 Mbit/s HD: 100-250 Mbit/s	Post-production	Recommandé sous conditions	Variante citée dans l'ordre décroissant de leur qualité (4444 XQ, 4444, 422 HQ, 422 Standard, 422 LT et 422 Proxy); format propriétaire Apple, bitstream et décodage publié par SMPTE; recommandé sous condition pour des fichiers ProRes natifs
	Apple ProRes RAW	Variable	Enregistrement	Recommandé sous conditions	Utilisé dans les caméras et scanners de film; recommandé sous condition pour des fichiers ProRes natifs
	CineForm RAW	Variable	Enregistrement	Recommandé sous conditions	Utilisé dans les caméras et scanners de film; recommandé sous condition pour des fichiers ProRes natifs
	XDCam HD (MPEG-2)	50 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Recommandé sous conditions	Recommandé sous conditions car il s'agit d'un format standard d'enregistrement dans les stations de télévision
	FFV1 (dès la version 3)	variable	Archivage	Recommandé	Format non compressé, sans perte, développé explicitement pour l'archivage
	Codecs Avid (DNxHD)	SD: 146-186 Mbit/s HD: 36-440 Mbit/s	Post-production	Non recommandé	Standard pas uniforme, existence de différents codecs Avid, format propriétaire de l'entreprise Avid
	Famille de formats REDCODE RAW, étroitement liée à JPEG 2000 (HD seulement)	variable	Enregistrement	Non recommandé	Compatibilité à long terme incertaine
Container (Video)	Motion JPEG 2000	[n. a.]	Archivage	Non recommandé	Développé explicitement pour l'archivage mais toutefois très peu utilisé; peu d'implémentations ou sinon très chères; en partie propriétaire, ce format demande une puissance de calcul très élevée pour créer et lire le codec obligatoire JPEG 2000
	MP4	[n.a.]	Distribution	Recommandé sous conditions	Usage très répandu; conçu pour enregistrer le codec H.264 mais accepte aussi d'autres codecs vidéo et audio (AAC, MP3, MP2, MP1); standard ISO

Catégorie	Format de fichier (lin : linéaire log : logarithmique)	Débit	Domaine d'application du format	Archivabilité	Commentaire
	IMF (Interoperable Master Format)	n.a. ?	Post-production, distribution	Recommandé sous conditions	Conteneur très flexible et prometteur mais peu utilisé dans les archives, la médiation et la production de films; potentiel certain si l'industrie le supporte et qu'une variante pour archivage est définie et normalisée
	MKV (Matroska)	n.a.?	Archivage	Recommandé	Open Source, développé expressément pour l'archivage; très utilisé et développé dans le monde par les professionnels en combinaison avec FFV1; standardisation en cours
	MOV (QuickTime File Format)	n.a.?	Post-production, distribution	Recommandé sous conditions	Conteneur propriétaire Apple, très répandu, peut enregistrer plusieurs codecs; prudence requise car Apple a plusieurs fois et beaucoup modifié le format (les versions les plus récentes sont proches de MP4); le Quicktime Player pour OS Windows n'est plus soutenu
	AVI (Audio Video Interleave)	n.a.?	Post-production, distribution	Recommandé sous conditions	Conteneur propriétaire Microsoft, très répandu, peut enregistrer plusieurs codecs; prudence requise car le Rewrapping d'autres conteneurs dans AVI peut faire perdre des métadonnées, p. ex. date de création originelle, Time code
	MXF (Material Exchange Format)	n.a.?	Post-production, distribution, archivage	Recommandé	Standard flexible dans le domaine de la diffusion; peut aussi emballer des fichiers textes, XML (y.c. métadonnées) mais d'utilisation complexe et difficile; la spécification AS-7, développée par des services d'archives publics états-uniens est lourde, nécessite des logiciels coûteux mais reste utile comme unique spécification existante pour archives en combinaison avec JPEG 2000
	DCP (Digital Cinema Package)	n.a.?	Post-production, distribution	Recommandé sous conditions	Pas un vrai conteneur ! Structure définie de répertoires, qui contient les medias dans un conteneur MXF; compression préalable élevée, avec pertes et cryptée, ce qui rend la manipulation pendant l'archivage difficile

Catégorie	Format de fichier (lin : linéaire log : logarithmique)	Débit	Domaine d'application du format	Archivabilité	Commentaire
Formats Streaming					Purs formats de distribution, fonctionnant avec des compressions propriétaires, avec pertes (par ex. Flash, WebM). Ne se prêtent pas à l'utilisation comme copies d'archivage
Cassettes vidéo					Les bandes vidéo matérielles peuvent être considérées comme obsolètes. Ces supports ne sont plus recommandés pour l'archivage. En cas d'exceptions, dues aux processus existants et à l'infrastructure disponible, les formats ci-dessous peuvent encore être utilisés. D'ici 10 ans au plus tard, l'archivage sur bande devra être abandonné.
	DVCam	25 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Voir ci-dessus	Recommandé sous conditions du fait de sa grande diffusion comme format de production pour le film amateur et semi-professionnel; il doit être préféré à DV et DVCPRO
	Digital Betacam (seulement SD)	126 Mbit/s	Enregistrement, post-production, archivage	Voir plus haut	Recommandé comme solution temporaire en lieu et place des fichiers SD 10bit-4:2:2 non compressés, lorsqu'infrastructure et savoir-faire font défaut; encore très répandu mais le fabricant Sony a annoncé arrêter le support après 2023
	HDCam SR (seulement HD)	440/880 Mbit/s	Distribution	Voir plus haut	Recommandé comme solution temporaire d'enregistrement lorsqu'infrastructure et savoir-faire font défaut, pour les fichiers HD non compressés 10bit 4:2:2; encore très répandu mais le fabricant Sony a annoncé arrêter le support après 2023
Supports optiques vidéo	DVD	4-9 Mbit/s	Distribution	Non recommandé	Les supports ne sont pas appropriés pour l'archivage
	BluRay	Environ 36 Mbit/s	Distribution	Non recommandé	Les supports ne sont pas appropriés pour l'archivage
	XDCam		Enregistrement	Non recommandé	Les supports ne sont pas appropriés pour l'archivage

Catégorie	Format de fichier (lin : linéaire log : logarithmique)	Débit	Domaine d'application du format	Archivabilité	Commentaire
Supports média non spécifiques	M-Disc		Archivage	Non recommandé	Ne convient pas pour l'audiovisuel (densité des données, volume de stockage); incertitudes quant à la production future d'appareils de lecture
	ODA (Sony)		Archivage	Non recommandé	Format propriétaire Sony; retours expérience des archives inconnus
	HDD		Archivage	Recommandé sous conditions	Conditions préalables: plusieurs copies stockées à différents endroits, sélection des interfaces appropriées, durée de vie estimée à 3 ans
	RAID			Recommandé	Condition préalable: garder d'autres copies de sécurité sur d'autres systèmes
	SSD			Non recommandé	Pas approprié pour l'archivage car il vieillit mal; support dépendant d'éléments matériels trop petits pour résister correctement à l'usure et à des facteurs externes
	LTO (7 et 8)			Recommandé	Format soutenu par le consortium; possible utilisation comme standard de description dès la génération LTO-5 LTFS. LT=-1 à 4: migration immédiate; LTO-5 et -6: migration recommandée
	DLT			Non recommandé	Vieilli et plus de support; migration immédiate sur LTO des fichiers stockés sur DLT



Photographie originale
Etalon de base pour la taille
de fichier : 100 %

Compression JPEG forte
Taille du fichier 5 %

Compression spatiale. Les parties adjacentes et de couleurs similaires de l'image sont fondues bloc par bloc dans une couleur par un calcul de moyenne.

Compression JPEG-2000
Taille du fichier 3 %.

Les valeurs transformées sont produites et regroupées au moyen de calculs complexes, recourant à des «transformations en ondelettes», d'où une réduction des données. Les dégradations visuelles sont clairement moins nettes pour une réduction de données égale.

Ill. 19 : Résultats visuels d'une compression JPEG et d'une compression JPEG-2000.

ler les droits d'auteur et les droits d'utilisation (DRM, Digital Rights Management; en français GDM). Si l'on ne dispose pas de la clé ou si celle-ci est devenue caduque après un certain laps de temps, les données ne sont plus utilisables, quand bien même leur état serait irréprochable. Des services d'archives importants utilisent aujourd'hui le format J2K compressé sans perte en combinaison avec un conteneur MXF pour l'archivage numérique de leurs images fixes (par exemple celles résultant de la numérisation des films) : la Librairie du Congrès recourt à MXF AS-07 selon les spécifications FADGI [http://www.digitizationguidelines.gov/guidelines/MXF_app_spec.html [4.9.2019]]. Sa variante, le format de fichier comprimé avec perte, est utilisée pour le format de distribution cinématographique DCP.

Le format Motion JPEG 2000 a été défini lors de l'introduction de la partie 3 des spécifications ISO. C'est un format conteneur qui enregistre des séries de fichiers de format J2K complétés de leur fichier son, puis les met à disposition sous forme d'images animées. La création et la lecture de fichiers Motion JPEG 2000 exige un procédé de calcul extrêmement long et donc coûteux, qui s'est avéré être le principal obstacle à l'implémentation et à la diffusion du format. Il n'existe jusqu'à présent toujours aucun logiciel, ou presque, qui puisse produire et restituer le format du fichier. En conséquence, ce format n'est quasiment pas attesté au sein des institutions patrimoniales.

Après le format JPEG 2000, c'est avant tout le codec FFV1 qui offre une solution pour une compression sans perte et l'archivage d'images animées. FFV1 est l'exemple d'un codec développé pour l'archivage et de plus en plus utilisé dans des institutions patrimoniales; c'est également un produit Open Source des mieux adaptés pour l'archivage de fichiers vidéo, l'ingestion de données issues des formats de cassettes numériques et de fichiers numériques natifs.

Les vidéos sont généralement sauvegardées sous forme de gros fichiers distincts, qui contiennent le stream des images. Les films, souvent numérisés sous forme de séries d'images fixes [▶ chap. 5.4.2 Stockage sous forme de séries d'images fixes] peuvent aussi être recodés sans perte d'information dans un stream de format FFV1, et empaquetés dans un conteneur Matroska avec le son, les sous-titres etc. Cela donne un fichier MKV, avec un stream vidéo et des sommes de contrôles généralement intégrées, lequel rend possible un contrôle automatisé de l'intégrité de chaque image, respectivement d'échantillons de l'image, dits «slices»). Ce type de stockage (FFV1 et MKV), en comparaison avec le stockage d'images fixes, simplifie l'utilisation des bandes LTO et de tout autre procédé de copie et de transferts.

Le recours à FFV1 et MKV peut aussi s'avérer particulièrement intéressant pour les services d'archives, car il permet d'archiver numériquement et de la même manière et les films et les vidéos. Ce procédé facilite de plus aussi la production de copies d'utilisation des documents filmés. En effet, un stream existe déjà, qui peut être converti plus rapidement dans les formats d'utilisation appropriés que les images fixes elles-mêmes.

L'emploi de FFV1 et MKV pour l'archivage des films permet d'ailleurs de réduire le volume des données d'un à deux tiers. Seule une infime partie des fichiers doit être l'objet de soins, et cela représente, un gain de temps considérable lors de la lecture et de l'écriture (ouverture et sauvegarde des fichiers), ce qui n'est pas le cas de la conservation des images fixes

Le format FFV1/MKV peut s'avérer d'un traitement difficile dans les étapes suivantes, car son import natif n'a jusqu'à présent pas été supporté dans les logiciels de post-production commerciaux et professionnels. Les fichiers destinés

à être traités par un logiciel commercial doivent d'abord être convertis, pour pouvoir ensuite traiter le stream vidéo. Il existe en revanche des outils Open Source qui permettent de poursuivre directement le travail sur les fichiers dans le format FFV1/MKV.

Certains défauts de FFV1, pertinents pour l'archivage numérique, ont déjà été portés à la connaissance de la communauté de développeurs et celle-ci travaille à programmer une version FFV1 corrigée des lacunes signalées. Comme cela concerne le développement Open Source, il est possible de faire part, sous forme d'une requête à la communauté, d'exigences spécifiques.

Le manque d'implémentations conviviales empêche souvent la diffusion plus large de ce type de codec – ce qui, à nouveau, limite la portée d'une recommandation de son utilisation pour l'archivage. Ce sont souvent des connaissances approfondies en informatique qui s'avèrent nécessaires pour les utiliser, sauf si l'industrie ajoute ces codecs et formats à sa palette de produits.

La percée définitive des formats développés pour l'archivage dépendra beaucoup de la décision de les utiliser par un assez grand nombre d'institutions patrimoniales importantes.

Le format J2K dans le conteneur MXF est utilisé dans les éminentes institutions patrimoniales suivantes : la Bibliothèque du Congrès à Washington ; la Cinémathèque royale de Belgique, à Bruxelles ; l'Institut national français de l'audiovisuel (INA), à Bry-sur-Marne.

Les institutions suivantes, patrimoniales ou autres, se sont décidées pour le format FFV1 : Cinémathèque Française, Paris ; Österreichische Mediathek, Vienne ; les Archives de la Ville de Lausanne ; Archiv für Zeitgeschichte, Zurich ; Swiss Archive for the Performing Arts (SAPA), Zurich ; Museum für Kommunikation, Berne ; autres institutions dans le monde,

voir la liste [▶ https://en.wikipedia.org/wiki/FFV1#List_of_institutions_known_to_use_FFV1].[4.9.2019]

Des institutions travaillent avec des formats de fichier non compressés, comme la Tate à Londres.

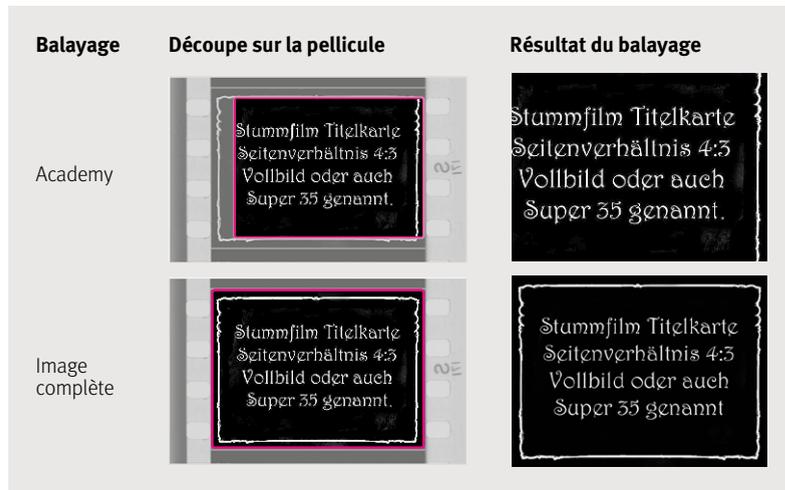
Cette liste n'a qu'une valeur d'exemple et n'est de loin pas exhaustive.

5.2.3 Formats de film recommandés

La numérisation de films dans des buts d'archivage n'implique pas seulement le transfert d'images analogiques vers le numérique, elle signifie aussi que le film en tant qu'objet doit être transféré. En conséquence, l'information liée à l'image devra être transférée, dans une résolution suffisante, mais toutes les autres informations projetées / exposées et caractéristiques physiques devront, elles aussi, être documentées, en tant que métadonnées, et archivées conjointement avec les films.

La numérisation de films dans des buts d'archivage n'implique pas seulement le transfert d'images analogiques vers le numérique, elle signifie aussi que le film en tant qu'objet doit être transféré. En conséquence, l'information liée à l'image devra être transférée, dans une résolution suffisante, mais toutes les autres informations projetées / exposées et caractéristiques physiques devront, elles aussi, être documentées, en tant que métadonnées, et archivées conjointement avec les films.

Lorsque des éléments de la projection sont numériques, la section / la découpe de la zone d'image / du champ photographié qui correspond à une projection analogique doit rester visible – contrairement à ce qui est fait avec un brut de scan. Le rognage n'est cependant pas suffisamment défini dans la projection analogique, de sorte qu'il faut finalement décider de cas en cas quelle quantité exacte de pellicule sera coupée.



Ill.20: En haut, la zone d'image coupée résulte du transfert d'une image entière dans le format d'image cinéma «Academy»; en bas, le transfert de l'image dans le format cinéma adéquat. Le même problème se rencontre pour la conversion d'analogique à analogique.

De plus, la zone d'image peut être plus grande que le format souhaité par les créateurs du film. Les images du film sont enregistrées dans la caméra par un procédé similaire au mode de fonctionnement lors d'une projection du film : le film (non éclairé) passe à travers le couloir de la caméra ; son exposition dépend des dimensions et de la position de la fenêtre d'image dans la caméra.

Selon le type de caméra utilisée, cette fenêtre d'image aura une forme différente et pourra éclairer une surface plus importante de la pellicule que ce qui est défini par les standards de format. Une plus grande surface peut être éclairée (voir ill. X), ce qui arrive souvent dans le cas d'une caméra amateur, mais il existe aussi des fenêtres d'image qui éclaireront certaines formes à côté de la zone d'image, ce que la caméra utilisée permet d'identifier grâce au film exposé.

Par ailleurs, au moment où le matériau 'film' est fabriqué, des informations sont placées dans la zone des bor-

dures et qui, elles aussi, deviendront visibles lors du développement du film. Il peut s'agir d'informations sur le fabriquant de la pellicule, le type d'émulsion utilisé, ou d'Edge Codes, ainsi nommés car ils révèlent le lieu et l'année de fabrication du matériau du film. L'exemple de l'illustration X montre quelles informations peuvent être trouvées dans la zone de bordure du film.

Ces informations doivent être transmises, sous forme de métadonnées, avec l'information de l'image et du son, pour que le matériel d'origine et les informations sur le processus de numérisation puissent être mis à disposition lors de futures recherches. Une autre solution est de ne pas seulement numériser les surfaces des images pendant l'exposition, mais aussi toute la largeur de la pellicule de film (Edge to Edge Scan). Cette solution sécurise toute méta-information du film qui serait visible im Durchschnitt.

Cette façon de procéder n'est pas possible avec tous les scanners disponibles sur le marché; au contraire, la plupart des scanners ne peuvent pas balayer le film dans toute sa largeur. La zone maximale transférable est limitée, selon les modèles, à la zone de l'image, exclusivement, ou à une zone un peu plus grande (on parle alors d'Overscan).

Le balayage de toute la largeur du film comprend aussi certains désavantages : le capteur utilise une partie importante de la résolution pour la zone de bordure et garde uniquement le reste pour traiter la zone de l'image. Par exemple, lors d'une numérisation 2K (résolution : image de 2000 pixels), la résolution de l'image du film ne sera que d'1.5K environ.

L'illustration Z résume les avantages et désavantages des différentes méthodes de copie.

Différentes options pour le rapport largeur/hauteur, la résolution et la section de la pellicule filmée sont offertes par les scanners, selon la forme et la résolution de leur capteur



Ill.21: Film 8 mm scanné Edge to Edge (bord à bord), exposé dans presque toute sa largeur du fait de la fenêtre d'image de la caméra. Le trait rouge montre la section qui est visible lors de la projection du film.

et du logiciel pilote. Les résolutions classiques des balayages de film par le scanner (de 2048×1536 pixels pour une résolution de 2K, et de 4096×3072 pixels pour une résolution 4K avec un rapport largeur/hauteur de 4:3) deviennent de moins en moins importantes dans le cas des bruts de scan (copie ni modifiée ni retouchée). La plupart des scanners offrent ces résolutions pour la lecture des images, ce qui implique cependant déjà un changement d'échelle lorsque le capteur n'est pas compatible avec la résolution de lecture.

Une numérisation en résolution HAUTE DÉFINITION peut être recommandée pour les films amateurs, à l'exception des films 16 mm négatifs et des films inversibles. Son coût actuel est relativement avantageux. Elle prévoit des fichiers non compressés, avec une résolution HAUTE DÉFINITION de 1080 pixels, un espace chromatique $Y'CbCr$ 4:2:2 et une chrominance de 10 bits, ce qui correspond aux exigences

actuelles pour la production professionnelle et peut valoir comme garantie d'avenir pour l'archivage.

La zone d'image d'un film 16 mm qui a un rapport largeur/hauteur 4:3 devrait obtenir une résolution de 1440×1080 pixels si le rapport largeur/hauteur de l'image haute définition est de 16:9. Si l'image est scannée Edge to Edge, l'information de la zone de bordure recouvrira d'autant les pixels des deux côtés de l'image HAUTE DÉFINITION, ce qui dans le cas d'un balayage du film se limitant à la zone de l'image, fera apparaître des surfaces noires.

Il faut tenir compte du fait qu'un balayage non compressé produit un gros volume de données en mode HAUTE DÉFINITION, d'où des coûts récurrents importants.

La qualité haute définition n'est pas recommandée pour le matériel de film négatif 16 mm et inversible. La numérisation devrait être de 2K, avec un rapport largeur/hauteur 4:3, un espace chromatique RVB 4:4:4 et une chrominance de 10 ou 12 bits logarithmiques ou de 16 bits linéaires. Ce traitement reste cependant actuellement plus cher que la numérisation haute définition; la gestion des données amène elle aussi des coûts en raison du volume de données encore plus important.

Le recours aux fichiers d'images fixes DPX ou TIFF pour des restitutions de qualité élevée est aujourd'hui largement établi (répertoires, MXF ou TAR). Ces formats correspondent aux exigences d'un standard industriel.

Une autre solution possible, voire recommandable, est de recourir à des fichiers vidéos FFV1 en MKV ou JPEG 2000 en MXF [▶ chap. 5.2.2 und 5.4.2].

Les copies 35 mm positives exigent une restitution avec une résolution d'au moins 2K pour la zone d'image; quant aux copies 35 mm négatives, une résolution de 4K ou plus est recommandée. Des résolutions et des chrominances plus élevées sont certes souhaitables dans certains cas,

Marquages de la caméra sur la fenêtre image après l'exposition

Ciné Anasco	Ciné Kodak Model-A	Keystone
Agfa Anasco	Ciné Kodak B-6.5	Kinatone
Agfa Movex 16-12	Ciné Kodak B-3.5	Ciné Nizo
Agfa Movex 30	Ciné Kodak B-1.9	Paragon
Agfa Risdon	Ciné Kodak BB-3.5	Peko
Bangsberg	Ciné Kodak BB-1.9	Q.R.S.
B & H Filmo 70	Ciné Kodak Model-K	R.C.A. (sound)
B & H Filmo 75	Ciné Kodak Model-M	Ruby
B & H Filmo 121	Ciné Kodak Spécial	Simplex Pockette
Berndt (sound)	Magazine Ciné Kodak	Stewart Warner
Bolex	Ciné Kodak Model-E	Victor Early Models
De Vry		Zeiss Ikon Kinemo
Ensign		Zeiss Ikon Movikon



Les codes Kodak Edge pour les films 16 mm révèlent l'année de tournage

	US	UK	CANADA	FRANCE	GERMANY
1925	■●	—	●L		
1926	▲●	—	●—		
1927	▲▲	L—	●—		
1928	●●●	L—	●—		
1929	+	+	—●		
1930	▲+	+L	●—		
1931	●+	+L	●—		
1932	■+	+—	●—		
1933	+▲	—+	—●		
1934	+●	L+	●L	—●	■—
1935	●■	—+	●L	—●	●—
1936	+	—	●L	—●	●—
1937	■	L—	●—	—●	●—
1938	▲	—	●L	—●	●—
1939	●●	—L	●L	—●	●—
1940	■■	L—	—●	—●	■—
1941	▲▲	—L	●L	—●	●—
1942	●■	—L	●L	—●	●—
1943	●▲	—L	●L	—●	●—
1944	▲●	L—	—●		
1945	●●	—L	●L		
1946	▲●	L—	—●		
1947	■▲	L—	●L		
1948	●●●	+	●—		
1949	+	+L	●L		
1950	▲+	L—	●L		

Ill. 22 : Extrait d'un film scanné avec sa zone de bordure qui contient des informations sur le type d'émulsion, le pays et la date de production de l'émulsion ainsi que la caméra employée. Les perforations, visibles sur l'illustration, informent de plus sur le type de film, ici un film 16 mm sans piste de son.

Balayage**Découpe sur la pellicule****Résultat du balayage****Avantage****Désavantage**Image
seulement

La capacité de résolution du capteur est entièrement utilisée pour lire l'information de l'image. Le film peut être utilisé pour la projection et souvent sans coupe supplémentaire ni mise à l'échelle.

Les méta-informations sont perdues ou enregistrées ailleurs. Selon la forme du capteur et de la zone de l'image, des informations sur l'image sont perdues.

Overscan



Les métadonnées sont partiellement conservées. Le rapport largeur/hauteur de la zone de l'image ainsi que la forme du bord de l'image sont conservés.

Les métadonnées sont partiellement perdues si elles ne sont pas enregistrées ailleurs. L'image ne bénéficie pas de la pleine résolution du capteur. La projection exigera une mise à l'échelle et une coupe.

«edge-to-edge»



Les méta-informations sont complètement conservées. Le rapport largeur/hauteur de la zone de l'image et la forme du bord de l'image sont conservés.

L'image ne bénéficie pas de la pleine résolution du capteur, une partie considérable des pixels est utilisée pour des informations non liées à l'image. La projection exigera une mise à l'échelle et une coupe.

mais, du fait de leur coût actuel élevé, ne sont retenues comme option que dans les cas exceptionnels, par exemple pour certains éléments particulièrement précieux ou pour des négatifs caméra.

5.2.4 Formats vidéo recommandés

Aucun standard uniforme ne s'est imposé au niveau international pour la numérisation des vidéos à des fins d'archivage numérique. Bien au contraire, le consensus entre professionnels est toujours plus grand pour affirmer que le choix du codec, du conteneur et des paramètres techniques (débit, résolution de l'image etc.) dépendra du contexte (concept de conservation, concept d'utilisation etc.). Ce chapitre présente donc différents contextes possibles et les recommandations concrètes sur le choix des formats – ceci pour des scénarios très simplifiés qui peuvent se présenter dans toutes les variantes et combinaisons possibles, sans recouvrir toutes les situations possibles. Ces scénarios doivent servir d'angle d'attaque pour l'orientation. Le postulat de départ est qu'un format doit être sélectionné, qu'aucun format déjà disponible ne peut être archivé et qu'un standard interne n'est pas déjà défini par le service d'archives.

Exemple 1 : caractère documentaire

Un service d'archives désire numériser, respectivement (faire) convertir en fichiers le contenu purement documentaire d'une grosse collection de cassettes VHS, Beta-SP et MiniDV. Les exigences en matière de conservation des propriétés techniques et visuelles (comme la restitution des couleurs) sont relativement modestes : c'est la conservation du contenu transmis qui prime, non l'impression visuelle. Il n'est pas prévu non plus d'utiliser les documents vidéo pour de nouvelles productions ou d'ambitieuses expositions. De plus, les documents audiovisuels ne sont pas une spécialité

du service d'archives : celui-ci ne dispose ni du personnel spécialisé ni d'infrastructures et de moyens financiers particuliers pour répondre aux exigences spécifiques de l'archivage numérique de documents audiovisuels.

Dans pareil cas, la numérisation en format DV PAL et l'archivage numérique sous forme de fichiers DV ou MXF (fichiers DV et métadonnées comprises) pourraient être recommandés en précisant que le format DV travaille avec une forte compression, laquelle peut conduire à des pertes d'information et créer, selon l'état des originaux, des artefacts qui feront partie de l'objet numérisé. Le format DV présente les avantages suivants : large diffusion ; spécifications standardisées par SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) ; manipulation simple qui permet au service d'archives non spécialisé de traiter lui-même les copies d'archives. Enfin, les fichiers obtenus sont relativement petits et le volume de données est relativement minime pour la vidéo (environ 13 GB / heure). Dans la prise de décision qui peut mener au choix de ce compromis, il faudra être conscient des désavantages, les peser clairement et, en tant qu'archiviste, les justifier du point de vue de la déontologie professionnelle. Le format DV travaille en effet avec une très forte compression qui cause des pertes d'information et qui produit des artefacts dès la numérisation déjà (selon l'état de l'original), ce qui peut avoir comme conséquence que des artefacts supplémentaires seront créés lors des prochaines migrations

Exemple 2 : solution sans compromis

L'archivage de l'art numérique peut être présenté pour le cas de la solution sans compromis. Indépendamment du type de support original, les œuvres doivent en effet pouvoir être conservées sur la longue durée sans souffrir la moindre perte. Le nombre d'œuvres concernées n'est pas

énorme mais il importe absolument que leur restitution, et particulièrement la forme visuelle, soient absolument fidèles, c'est pourquoi le débit / fréquence / taux d'échantillonnage, la fréquence de répétition des images, le sampling couleur, la méthode de scan (balayage entrelacé ou progressif) etc., tout doit correspondre à l'original.

Dans ce cas, les formats 8 ou 10 bits, 4:2:2, non compressés (v210) et 10 bits, 4:4:4 non compressés (v410, pour HD) peuvent être recommandés comme codecs, en fonction de l'infrastructure disponible ou prévue, dans des conteneurs comme MXF, MKV ou MOV. Le volume de données est cependant relativement important (100–780 GB/heure) et les coûts de conservation, conséquents, exigent une très bonne planification. L'avantage réside dans le recours à des standards établis et techniquement assez simples et peu exigeants.

Exemple 3 : compromis progressif

Un service d'archives désire migrer des enregistrements vidéo existants sur DigiBeta ou HDCam et (faire) produire des fichiers pour l'archivage. Ces derniers doivent répondre à des exigences plutôt élevées, de plus les pertes en information et en qualité d'image de ces enregistrements de très bonne qualité doivent être évitées afin de ne pas limiter les possibilités d'utilisation future. Les moyens financiers disponibles pour l'archivage numérique sont cependant très limités et exigent une solution où le volume de données est un facteur très critique.

Pour pareil cas, des codecs de compression sans perte («lossless») comme FFV1 (version 3) ou MJ2K pourraient être recommandés afin que la quantité de données puisse être réduite au tiers de son volume sans perte d'information (environ 30–50 Go/heure). Il faut être conscient, dans le choix de ce compromis progressif, que ces codecs exigent

actuellement encore relativement beaucoup de savoir-faire spécialisé (Open Source Software), et qu'une grande puissance de calcul est nécessaire pour MJ2K; enfin, leur développement est encore en cours. Pouvoir garantir la mise à disposition d'un personnel spécialisé ou / et l'existence d'une très bonne relation avec une personne prestataire externe est donc nécessaire pour prendre pareille décision.

Lorsque cette condition préalable est remplie, on peut par exemple recommander aujourd'hui le format FFV1 dans un conteneur MKV. MJ2K dans MXF peut être recommandé si l'infrastructure nécessaire, soit de puissantes solutions software et hardware, est disponible.

5.2.5 Formats de copies d'utilisation (films et vidéos) recommandés

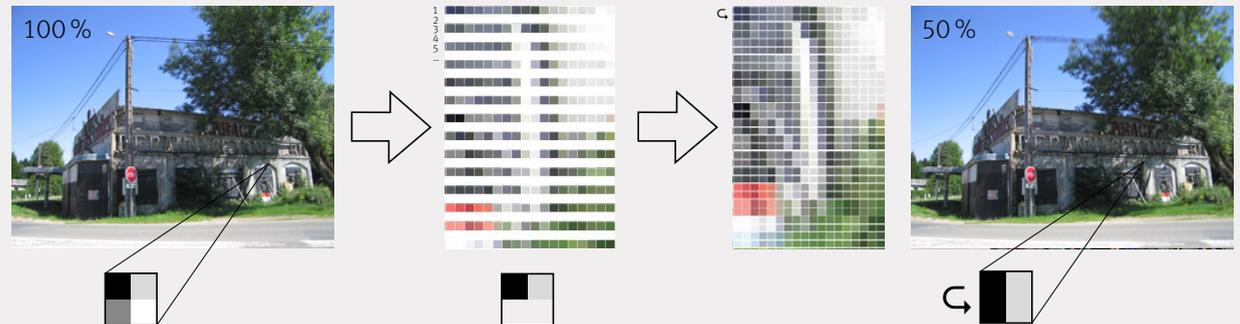
Les formats recommandés pour les copies d'archivage des films et vidéos ont été présentés dans les chapitres précédents. Les exigences que doivent remplir des copies d'utilisation sont différentes (▶ chap. 3.3.6.3 sur le format d'utilisation). Autant la diversité des modes d'utilisation et des possibilités techniques est grande, autant les solutions sont nombreuses et variées. C'est pourquoi les présentes recommandations tendront à se limiter aux exigences minimales.

Ce sont des formats très différents, et dans une qualité très différente, qui sont les plus appropriés pour la commercialisation et la projection des films dans les cinémas, la diffusion à la télévision, les projections ou la consultation sur le web (diffusion en continu, téléchargement). La solution choisie (format de fichier, codec, résolution, rapport largeur / hauteur de l'image, support) devrait suffire aux exigences spécifiques et être bien adaptée à l'infrastructure disponible.

Compression fictive 1 (C1)

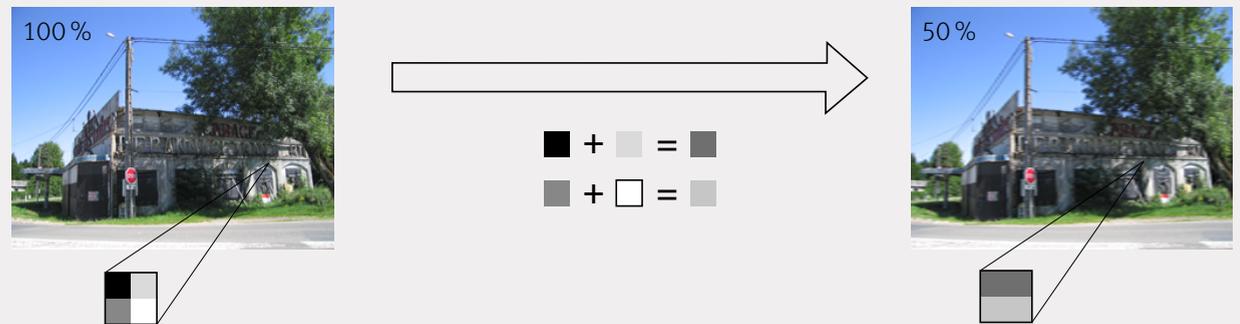
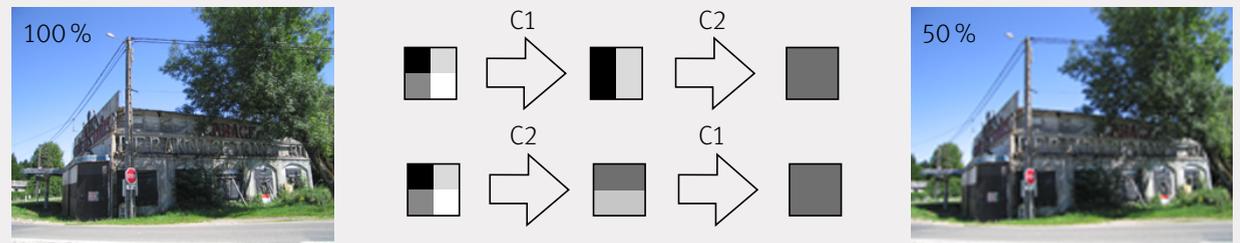
Toutes les lignes paires de l'image sont effacées. Les lacunes sont remplacées par le doublage des lignes impaires.

Il en résulte une image conservant, par rapport à l'original, 50% de la densité d'information et 50% du volume du fichier.

**Compression fictive 2 (C2)**

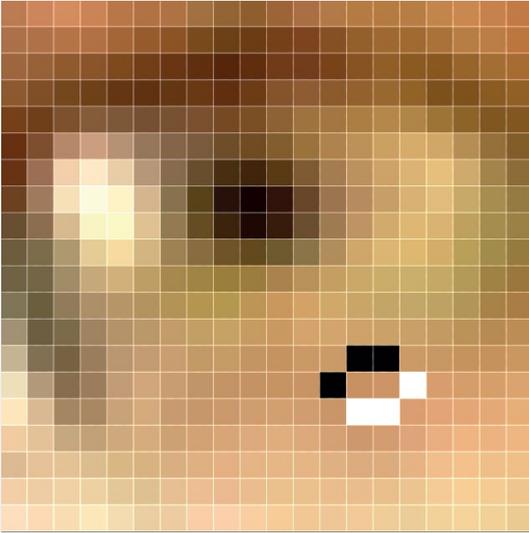
La valeur moyenne des tonalités chromatiques de deux pixels horizontalement adjacents est calculée. Les deux pixels sont codés avec cette valeur chromatique moyenne.

Il en résulte une image conservant, par rapport à l'original, 50% de la densité d'information et 50% du volume du fichier.

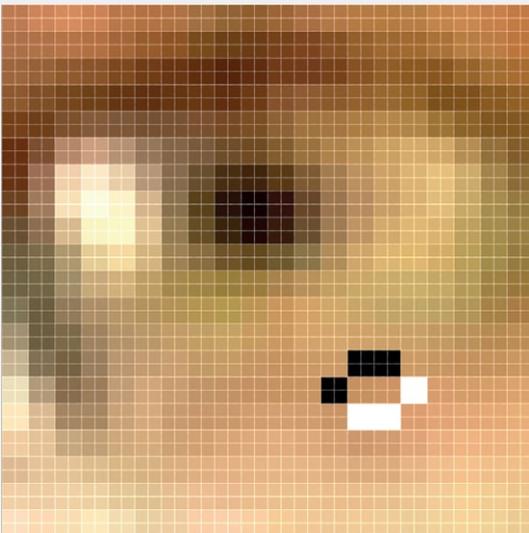
**Utilisation d'une des compressions, puis transcodage au moyen de l'autre compression**

Ill. 24: Représentation abstraite des problèmes de qualité que peuvent causer les transcodages d'images. C'est se tromper que de considérer un transcodage comme sans problème lorsque les deux codecs réduisent la quantité de données à partir du même original et dans la même proportion. Employer les deux compressions en cascade provoque une perte d'information drastique. L'image qui en résulte a une densité d'information réduite de 25% en comparaison avec l'original, parce que les compressions procèdent différemment, dans une «ignorance» réciproque. Ceci a aussi pour conséquence que la taille du fichier après le transcodage ne correspond pas à 25% du fichier original mais à 50%. En clair, le transcodage répété fait perdre de l'information et ce sans gain d'espace de stockage.

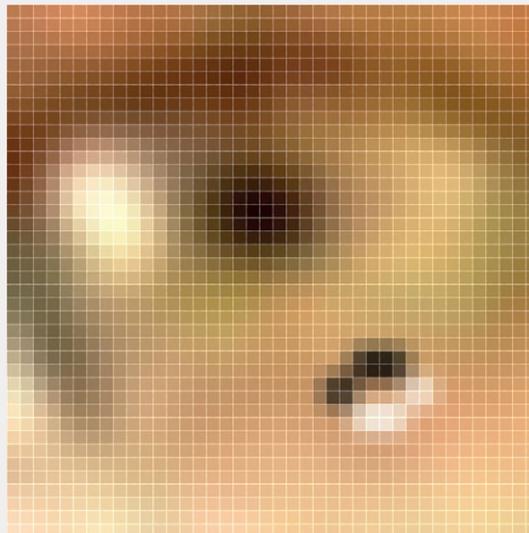
Original: 20 × 20 pixels



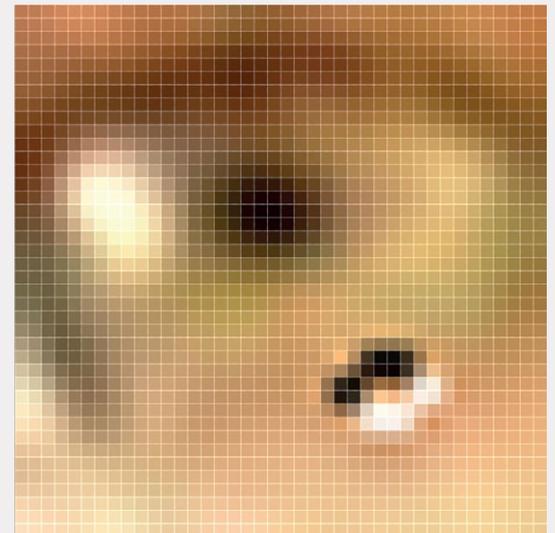
La même image, après avoir été redimensionnée dans Photoshop à 40 × 40 pixels au moyen de différents algorithmes (voir <https://helpx.adobe.com/fr/photoshop/using/image-size-resolution.html> [10.11.2015])



Répétition de pixels



Méthode bilinéaire



Méthode bicubique

Ill. 25: Effet d'un changement d'échelle sur l'image.

Les formats d'utilisation doivent remplir les conditions suivantes :

- vitesse de lecture correcte ;
- rapport d'image correct ;
- résolution suffisante dans le contexte de visionnement prévu (selon le dimensionnement attendu et la pertinence des détails).

Les supports DVD sont encore très largement diffusés comme support pour les copies d'utilisation mais une tendance claire se dessine quant à leur prochaine obsolescence : les chiffres des ventes baissent drastiquement, les nouveaux ordinateurs ne sont plus équipés, en règle générale, de périphériques d'écriture et de lecture de DVD.

Les exigences de Memobase¹¹ pour le format de diffusion en ligne (streaming) des vidéos peuvent être mentionnées à titre d'exemple. Memobase fonctionne de façon optimale¹² avec la configuration suivante :

- format MPEG-4, placer le «moov»-Atom au début du fichier vidéo pour un démarrage rapide et le saut du secteur déjà téléchargé ;
- codec vidéo h.264 (avc1) ;
- codec audio AAC ;
- débit entre 500 Ko par seconde et 2 Mo par seconde ;
- résolution entre 360p (16:9) et 480p (4:3) car la largeur de fenêtre du player dans Memobase est de 640 pixels : des images d'une résolution plus grande ou plus petite subiront automatiquement un changement d'échelle.

Le mode «plein écran» en option fait changer d'échelle les images en conformité avec la résolution du moniteur (display, projecteur).

5.3 Stockage des fichiers et sauvegarde à long terme

5.3.1 Conventions de nommage

Les conventions de nommage permettent non seulement le stockage systématique de données mais facilitent aussi leur échange efficace et sûr au sein d'une équipe ainsi qu'avec des partenaires externes. Le nom d'un fichier est composé d'un nom et d'une extension. Ces deux parties sont séparées par un point. L'extension (.pdf, .docx, .avi etc.) indique le type de fichier. Certains systèmes d'exploitation permettent de cacher l'extension dans le gestionnaire de fichier.

Les critères les plus importants sont que les noms des fichiers ne contiennent aucun tréma ni signe de ponctuation ni espace ni aucun caractère spécial, car ces signes peuvent être utilisés comme caractère de fonction dans certains codecs, d'où le risque que les fichiers soient interprétés incorrectement par le système (les tirets et sous-tirets exceptés, dont l'utilisation ne pose pas problème).

Pour garantir une compatibilité entre différents utilisateurs ainsi qu'entre différentes applications (par exemple les programmes de messagerie électronique ou les supports optiques formatés selon la norme ISO 9660), le nom de fichier devrait, extension comprise, ne pas dépasser au total 31 caractères. Les chemins d'accès (chaîne de caractères indiquant l'emplacement du fichier dans le système et les répertoires de fichiers ainsi que son nom) ne devraient pas dépasser 255 caractères au total, en particulier dans les disques durs formatés en NTFS (New Technology File System, Microsoft).

11 Le portail d'information Memobase est un produit phare de Memoriav qui permet la recherche multilingue et l'accès à des fonds audiovisuels conservés durablement dans des institutions suisses.

12 Des écarts par rapport à ces paramètres ne signifient pas que les vidéos correspondantes dans Memobase ne peuvent pas être restituées. Bien au contraire, le système est ainsi conçu que tous les formats web, les codecs et les protocoles usuels peuvent être supportés mais ils doivent être testés, au cas par cas.

5.3.2 Sauvegarde : l'exemple LTO (Linear Tape-Open)

[▶ chap. 4.3.7] En règle générale, les données de chaque génération de bande magnétique peuvent être migrées vers une autre génération, pour autant que les deux appareils y relatifs soient disponibles. La migration amène avec elle de nombreux désavantages, principalement en ce qui concerne les coûts, mais les services d'archives peuvent aussi y trouver des avantages. Il est possible, par exemple, de gérer les données et les fichiers, voire même, si besoin, de les convertir et / ou emballer dans des nouveaux conteneurs pendant le processus de migration.

Pour éviter des migrations superflues, on peut recommander de sélectionner les générations paires ou impaires de bandes magnétiques LTO – mais pas les deux, car cela doublerait les coûts sans apporter de bénéfice supplémentaire.

Généralités impaires :

- Réaliser les nouvelles copies de sécurité sur des bandes LTO-7.
- Les bandes magnétiques qui existent encore pour les générations 1 à 4 doivent être migrées sans délai et directement sur la génération 7 (voir ci-dessus).

La baisse importante des prix des appareils de lecture et des bandes, due à la commercialisation du LTO-8, a fait descendre les coûts à un seuil acceptable pour une institution patrimoniale.

- La migration des bandes de la 5^{ème} génération sur la génération 7 doit également commencer.

Généralités paires :

- Réaliser les nouvelles copies de sécurité sur des bandes LTO-8.
- La migration des bandes de la 6^{ème} génération sur la 8^{ème} génération peut être commencée. La baisse de prix

des appareils et des bandes (la 7^{ème} génération arrive bientôt sur le marché) rend leur coût acceptable pour une institution patrimoniale.

- La migration des bandes de la 2^{ème} et la 4^{ème} génération est urgente. Les bandes qui existent encore doivent être directement migrées sur la 8^{ème} génération.

Les solutions offertes par les différents systèmes de fichiers LTO présentent chacune des avantages et des désavantages. Il est recommandé, lors d'un recours au système LTF (Linear Tape File System) de renoncer à la compression activée d'office en la désactivant. En effet, les algorithmes de compression sont souvent propriétaires et peuvent donc restreindre la compatibilité.

Par ailleurs, la promesse du consortium LTO que chaque génération d'appareils de lecture serait capable de lire les deux générations précédentes a été brisée lors de l'introduction de LTO-8. Les lecteurs LTO-8 peuvent certes lire les cassettes LTO-7 mais pas les LTO-6. De plus, le format «M8» a été introduit, avec lequel les cassettes de la 7^{ème} génération peuvent être formatées et utilisées en 8^{ème} génération sur les appareils LTO-8.

5.3.3 Contrôle de l'intégrité des données

Les fichiers numériques peuvent facilement (et à notre insu) être manipulés, corrompus ou modifiés. Ceci peut arriver manuellement, intentionnellement ou non, mais un transfert défectueux peut lui aussi «corrompre» les fichiers. L'intégrité d'un fichier (en anglais «file fixity» ▶ chap. 3.4.4 Intégrité des données) peut être vérifiée au moyen de sommes de contrôle («checksum» en anglais). Les sommes de contrôle sont calculées à l'aide des fonctions dites de hachage («hash function», de l'anglais «hash», «couper en petits morceaux» ; *le principe du hash est venu des algorithmes de*

tri notamment) : il existe différentes fonctions de hachage, toutes différentes dans leur mode de calcul et leur niveau de complexité, comme dans leur diffusion et leur emploi.

Différents programmes existent pour établir et appliquer des sommes de contrôle. Ils ont tous en commun qu'ils livrent toujours le même résultat, dans la mesure où le fichier contrôlé n'est pas modifié. Le système d'exploitation avec lequel le fichier a été créé ou la somme de contrôle a été établie, ou enfin le fichier contrôlé, ces aspects ne jouent aucun rôle. La somme de contrôle est donc une espèce «d'empreinte» du fichier contrôlé. Des applications comme par exemple ffmpeg permettent également d'établir des sommes de contrôle pour les images fixes d'un fichier vidéo.

Dans le domaine de la vidéo, l'algorithme Message-Digest 5 (MD5) domine actuellement le marché mais perd lentement du terrain devant l'algorithme Secure Hash 1 (SHA-1).

La somme de contrôle devrait être générée le plus immédiatement possible après la création du fichier vidéo, ceci afin de garantir que l'on a affaire à des fichiers encore non corrompus («Bit-Rot» en anglais ; sans faute d'écriture ou de lecture). Il peut être avantageux, selon l'application utilisée, de stocker le fichier vidéo et sa somme de contrôle toujours dans le même répertoire, afin de permettre et de faciliter une procédure automatisée de contrôle. Si de gros volumes d'images fixes sont traités, il est recommandé de réunir toutes les sommes de contrôle des images dans un fichier de format texte. Le recours aux sommes de contrôle devrait être automatisé pour exclure toute erreur lors de l'exécution.

5.4 Codecs et transcodages

Les transcodages (conversion des données d'un codec à un autre) sont faits pendant le déroulement de la production d'une vidéo pour adapter le format du fichier aux exigences

de l'étape de travail où il se trouve. Les exigences requises par l'archivage et par les étapes précédentes de la production ne se recouvrent généralement pas. La production d'un document audiovisuel ne génère donc pas automatiquement des fichiers archivables. Leur archivage peut nécessiter des transcodages.

5.4.1 Principes du transcodage

Les caractéristiques des codecs dépendent chaque fois de leur procédé de compression et ces propriétés sont optimisées pour tel ou tel domaine d'application. Comme les fichiers vidéo non compressés génèrent de très grosses quantités de données, leur réduction par la compression est un aspect important, qui justifie des compromis sur la qualité. Les plus gros compromis sont faits à chaque fois là où, en fonction du domaine d'application, ils dérangent le moins. Lors d'un transcodage d'un codec à un autre, la combinaison des différents modes de compression peut avoir des effets négatifs sur les données. Même en cas de conservation d'une taille de fichier identique, l'image peut subir une perte d'information, si les codecs emploient différents procédés de réduction des données [▶ illustration n° 24, p. 76].

Les transcodages dans le domaine de l'archivage ont pour principale utilité de convertir des fichiers originaux, qui ne sont pas ou plus archivables, dans des fichiers archivables. Selon le concept de conservation mis en place, réduire le nombre de formats à gérer peut également être un but des transcodages. Un service d'archives peut cependant aussi retenir plusieurs formats de fichiers et établir différentes classes prioritaires de fichiers vidéo : les éléments les plus prioritaires seraient ainsi, par ex., stockés sans compression, tandis que les éléments moins prioritaires seraient stockés dans un format de fichier permettant

d'économiser de l'espace mais néanmoins toujours archivable. Les transcodages peuvent aussi être reportés jusqu'à ce qu'ils deviennent inévitables (par ex. suite à un problème d'obsolescence), afin d'éviter des migrations non nécessaires. Cette dernière option dépend beaucoup de la veille systématique et conséquente des développements technologiques.

Un autre exemple classique du transcodage est la conversion entre les normes PAL et NTSC (National Television System Committee, standard états-unien de codage analogique de la vidéo). Cette conversion entraîne cependant beaucoup de modifications :

Le DV PAL, par ex., a le format 4:2:0 avec une image de 720×576 pixels rectangulaires et un rapport largeur/hauteur de 16:15. Le DV NTSC a le format 4:1:1 avec une image de 720×480 pixels rectangulaires et un rapport largeur/hauteur de 8:9.

La fréquence d'images (nombre d'images par seconde) doit, elle aussi, être modifiée, passant de 50 à 60 demi-images par seconde et l'espace chromatique doit être adapté.

Pour résumer, les recommandations suivantes doivent être suivies : Il faut entreprendre aussi peu de transcodages que possible, en préférant des cycles de migration longs, pour minimiser les problèmes. Chaque transcodage crée des artefacts car la problématique est semblable à celle rencontrée pour les changements de génération dans le domaine de la vidéo analogique.

Les transcodages doivent être bien documentés et attestés dans les métadonnées, car ces informations pourront être employées lors de prochains transcodages pour éliminer ou atténuer des problèmes. De plus, l'historique des transcodages antérieurs ne peut en général malheureusement plus être retracé lors du transfert des éléments numériques dans le service d'archives.

En principe, aucun transcodage ne devrait avoir lieu dans l'institution patrimoniale, qui puisse réduire avec perte le volume de données. Le transcodage dans un codec de compression avec perte entraîne une perte d'information, en particulier quand ce processus réduit la quantité des données.

La prudence est aussi recommandée lors d'un transcodage vers un codec équivalent. En effet, même si le volume de données reste identique, des pertes d'information peuvent avoir lieu avec des codecs de compressions avec perte, si les modes de compression des codecs sont difficilement compatibles.

La qualité des données à disposition ne peut pas être améliorée en opérant un transcodage au moyen d'un codec de compression à perte réduite : dans le meilleur des cas, la qualité reste identique. Le transcodage dans un format de fichier un peu moins compressé peut néanmoins améliorer les résultats de futurs traitements et augmenter l'archivabilité des données.

Un changement d'échelle des images numériques dans une résolution plus élevée est aussi un transcodage. Les changements d'échelles d'une résolution basse SD à une résolution haute HD sont courants dans le domaine vidéo et sont considérés comme non problématiques, puisque, pour ainsi dire, seule la surface de l'image est agrandie.

On suppose que la structure de l'image est conservée, voire améliorée, et qu'aucune réduction du volume de données n'a lieu. Ceci est cependant une conclusion erronée. Chaque pixel de l'image est touché par un changement d'échelle : des pixels supplémentaires sont de fait « inventés » (c'est-à-dire calculés en fonction des pixels voisins). Il existe différents algorithmes, dont les résultats divergent considérablement [🔴 illustration n° 24, p. 76].

L'objectif, et ceci vaut particulièrement pour l'art vidéo, doit être de conserver la structure de pixels de l'original pendant toutes les étapes du traitement de conservation, exactement comme lorsqu'on s'efforce de présenter dans une exposition une œuvre dans des conditions aussi fidèles que possible au contexte original.

Particulièrement problématiques sont les cas où le changement d'échelle fait passer les images d'une résolution basse SD (Standard Definition) à une résolution haute HD (High Definition), de sorte que le matériau est si fortement compressé que le fichier HD est plus petit que le fichier SD original. Dans ce cas, la structure de l'image est modifiée massivement et irrémédiablement, une première fois par le changement d'échelle, puis encore une fois par la compression.

5.4.2 Stockage sous forme de séries d'images isolées

Les films d'une largeur de 35 mm sont divisés en plusieurs unités, regroupées en dossiers, du fait de la longueur disponible limitée pour les bobines de film. La longueur maximale d'une galette destinée à la projection pouvait, au début de l'industrie cinématographique, aller jusqu'à 305 mètres, ce qui correspondait à une projection d'environ 10 minutes et d'environ 16 000 images pour une vitesse de lecture de 24 images par seconde. Dès le début des années 1930, de plus grands rouleaux firent leur apparition, qui mesuraient jusqu'à 610 mètres, ce qui correspondait à environ 32 000 images.

La subdivision existante en dossiers est en principe conservée après la numérisation sous forme de séries d'images isolées dans des répertoires de fichiers : on obtient par film et en fonction de sa longueur totale une série de répertoires de fichiers, qui correspond aux dossiers et galettes de films originaux.

Des sommes de contrôle peuvent être établies, soit par répertoire, soit par images isolées. Dans les deux cas, une procédure automatisée est recommandée.

Le stockage d'images animées sous forme de séries d'images isolées offre certains avantages, mais présente également des désavantages par rapport au stockage sous forme d'un seul fichier (▶ chap. 4.3.8). Il est donc généralement employé pour les formats à haute définition et les formats spéciaux. Une lecture immédiate n'est pas possible lors de l'accès aux images isolées. Mais ce désavantage existe aussi pour les fichiers média, selon le volume du fichier ou sa compression. On a affaire à de très nombreux petits fichiers au lieu d'un petit nombre de très gros fichiers. Si un seul fichier est définitivement endommagé, la perte de données, mieux circonscrite, reste bien plus limitée et peut être réparée plus facilement. Les données sont plus aisément reconstituées que lors d'un défaut touchant un très gros fichier vidéo. La manipulation (en particulier la sélection et le transfert des données, par exemple pour un stockage sur LTO) est par contre considérablement plus aisée ; son coût en temps et en puissance de calcul, ainsi que le risque d'erreurs de transmission sont considérablement réduits. Les recommandations suivantes sont faites pour le stockage de séries d'images isolées :

- Il faut garantir que l'information sur la vitesse de lecture ne soit pas perdue. Le son doit être stocké séparément et sans compression ou avec compression sans perte (et calé sur la vitesse de lecture). Des marqueurs visuels et audio aux fins de synchronisation doivent être disponibles.
- Il faut éviter que le grand nombre d'images isolées provoque un chaos. Les conventions de nommage ont un rôle particulièrement important et selon leur nombre, les images doivent être réparties dans des répertoires.

5.5 Documentation et métadonnées

Les métadonnées pour l'archivage à long terme doivent contenir toutes les informations nécessaires à la recherche, la gestion, la lecture, l'identification et la conservation des fichiers. Pour la catégorisation des métadonnées et leurs différentes fonctions, [🔴 chap. 3.5].

Il existe une série de normes et de standards de métadonnées, qui facilitent la documentation et la saisie des métadonnées de façon systématique pour les différentes fonctions. Il est recommandé de s'appuyer sur un standard ou sur une combinaison de plusieurs standards, et de mettre en œuvre les standards appropriés aux besoins propres.

Pour structurer et stocker les métadonnées, différentes stratégies existent. Les métadonnées peuvent être contenues dans un format conteneur ou conservées séparément, dans la base de données qui gère les documents. Les deux solutions ont leurs avantages et leurs désavantages. Si les métadonnées font partie du paquet d'archivage, elles présentent une unité fermée, qui pourra rester unie lors des migrations. Si elles sont stockées dans un système externe, on peut les actualiser plus facilement (par ex. en ce qui concerne les diffusions) parce que le paquet d'archivage ne doit pas être chaque fois complété et à nouveau ficelé.

Une condition préalable importante pour l'archivage à long terme est que l'outil de recherche, respectivement les informations conservées dans la base de données et les métadonnées conservées à l'extérieur soient stockées de façon sûre.

Cette condition vaut spécialement pour les métadonnées descriptives, dont le volume et le contenu peuvent différer fortement les unes des autres. Concevoir cette structure fait partie de la stratégie d'archivage.

5.5.1 Standards de métadonnées: exemples

Quelques exemples des normes et standards de description archivistique sont donnés ici sans prétention d'exhaustivité : **ISAD(G) (General International Standard Archival Description)** : «La norme générale et internationale de description archivistique ISAD(G) fournit – comme énoncé dans l'avant-propos de la deuxième édition de 2000 – les lignes directrices générales pour la description archivistique. Elle doit être utilisée en relation avec les normes nationales déjà existantes ou comme point de départ pour leur développement. Les présentes directives suisses pour l'application de la norme ISAD(G) constituent par conséquent une règle nationale fondée sur la normalisation internationale pour la description des documents d'archives. Cette règle tient compte des particularités du paysage archivistique suisse et des usages présents, en fonction de l'état de l'art en matière de description archivistique.»

Référence :

http://vsa-aas.ch/wp-content/uploads/2015/06/Richtlinien_ISAD_G_VSA_f.pdf [27.10.2015]

PREMIS (Preservation Metadata : Implementation Strategies)

«The PREMIS Data Dictionary for Preservation Metadata is the international standard for metadata to support the preservation of digital objects and ensure their long-term usability. Developed by an international team of experts, PREMIS is implemented in digital preservation projects around the world, and support for PREMIS is incorporated into a number of commercial and open-source digital preservation tools and systems. The PREMIS Editorial Committee coordinates revisions and implementation of the standard, which consists of the Data Dictionary, an XML schema, and supporting documentation.»

Références :

Caplan, Priscilla, Comprendre PREMIS, 2009, http://www.loc.gov/standards/premis/Understanding-PREMIS_french.pdf [27.10.2015]

Dictionnaire de données PREMIS : www.loc.gov/premis/v2/premis-2-0.pdf [27.10.2015]

Site Internet de PREMIS : www.loc.gov/standards/premis/ [27.10.2015]

Liste de diffusion du groupe d'utilisateurs de PREMIS : listserv.loc.gov/listarch/pig.html [27.10.2015]

METS (Metadata Encoding & Transmission Standard) :

«The METS schema is a standard for encoding descriptive, administrative, and structural metadata regarding objects within a digital library, expressed using the XML schema language of the World Wide Web Consortium. The standard is maintained in the Network Development and MARC Standards Office of the Library of Congress, and is being developed as an initiative of the Digital Library Federation.»
«The Matterhorn METS Profile, developed in cooperation with Docuteam and the Archives de l'Etat du Valais in Switzerland, is now registered. It describes the core of the digital object model used by the Docuteam software tools to support digital archiving. This may be the first profile that describes the use of EAD within METS in any detail.»

Références :

<http://www.loc.gov/standards/mets/> [27.10.2015]

<http://www.loc.gov/standards/mets/news112912.html> [27.10.2015]

Dublin Core (DC) : «The Dublin Core Metadata Element Set is a vocabulary of fifteen properties for use in resource description. The name «Dublin» is due to its origin at a 1995 invitational workshop in Dublin, Ohio; «core» because its

elements are broad and generic, usable for describing a wide range of resources. The fifteen element «Dublin Core» described in this standard is part of a larger set of metadata vocabularies and technical specifications maintained by the Dublin Core Metadata Initiative (DCMI). The full set of vocabularies, DCMI Metadata Terms [DCMI-TERMS], also includes sets of resource classes (including the DCMI Type Vocabulary [DCMI-TYPE]), vocabulary encoding schemes, and syntax encoding schemes. (...).»

Plusieurs organisations de normalisation ont défini Dublin Core comme standard (ISO Standard 15836:2009; ANSI/NISO Standard Z39.85-2012; IETF RFC 5013). Il a servi de base pour de nombreux développements ultérieurs, entrepris spécialement pour le domaine audiovisuel (voir PBCore et EBUCore).

Référence :

<http://www.dublincore.org/documents/dces/> [27.10.2015]

PBCore : «PBCore is a metadata standard designed to describe media, both digital and analog. The PBCore XML Schema Definition (XSD) defines the structure and content of PBCore.»

Référence : pbcore.org [30.9.2019]

EBUCore : «EBU Tech 3293 (EBUCore) is the flagship of EBU's metadata specifications. In 2000, the original goal was to refine the semantics of the Dublin Core elements of audio archives. Today, the domain of use of the EBU Core specification is much broader and is no longer limited to audio or archives.»

Référence :

<https://tech.ebu.ch/MetadataEbuCore> [lien vérifié le 27.10.2015; vérification du texte cité le 15.01.2015]

MPEG-7 Multimedia Content Description Interface : il s'agit d'un standard international pour la description de données multimédia, des images, des vidéos, du son, etc. XML est requis pour représenter le contenu. Le standard offre un support pour la description au niveau de la séquence ou du plan (shot) et peut aussi être utilisé pour des métadonnées non basées sur du texte (par ex. l'indexation des mouvements de la caméra ou les textures d'image).

Référence :

MPEG-7 en général : <https://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7> [9.9.2019]

MPEG-7 et Dublin Core pour la vidéo : <http://www8.org/w8-papers/3c-hypermedia-video/comparison/comparison.html> [27.10.2015]

5.6 Boîte à outils

Pour l'archivage audiovisuel, il n'existe pas d'infrastructure disponible sous forme de kit complet. Les standards pour les paquets de médias et de métadonnées ne se sont pas encore imposés comme produits de référence et il manque des implémentations conviviales. Les outils présentés ci-dessous avec divers exemples actuels sont des composants spécifiques pertinents pour l'archivage des sources audiovisuelles :

- **Player** pour visionner des fichiers audiovisuels
VLC, MPEG Streamclip, ffplay, avplay, Quick Time Player 7 (plus universel que la version la plus récente) et Quick Time Player 10.
- **Base de données** (gestion et outil de recherche)
Aucun système de base de données ou presque n'est disponible jusqu'ici pour la gestion des archives audiovisuelles. Il s'ensuit qu'il peut devenir difficile de saisir correctement dans une base de données existante

les caractéristiques spécifiques des fichiers audiovisuels ; il existe donc aujourd'hui une multiplicité de solutions spécifiques.

– Outils de sélection des métadonnées

Des données dites EXIF [Exchangeable image file format, une spécification de format de fichier de l'Association pour le développement de l'industrie électronique japonaise. Note de la trad.], principalement porteuses d'informations techniques, peuvent être extraites d'un fichier dans des programmes d'édition et certains programmes de lecture. D'autres applications permettent l'accès aux métadonnées stockées dans l'en-tête du fichier média. Tous les programmes ne lisent malheureusement pas complètement les informations de l'en-tête.

Exemples : Mediainfo, Videospec (qui ne sera plus développé !), ffprobe, avprobe, libav, QCTools, DROID, BitCurator.

– Outil d'écriture de métadonnées (lignes d'enregistrement)

Cet outil permet d'ajouter des métadonnées supplémentaires pour compléter l'en-tête du fichier média : BWF MetaEdit.

– Outils de confection des paquets de données

Ces outils regroupent/rassemblent dans le paquet d'archivage les lignes d'enregistrement des métadonnées et les fichiers média :

CURATOR Archive Suite du Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen (Fraunhofer-ISS, Allemagne), MXF4Mac, BagIt (développé par la Bibliothèque du Congrès pour fabriquer des paquets d'archivage AIP).

– Outils de transcodage des fichiers mediamédia

Ces applications facilitent le transcodage : MPEG Streamclip, ffmpeg, avconv, ffbmc.

5.7 Originaux

Les médias originaux ne perdent pas leur importance, une fois la préservation et la numérisation achevées, et il faut continuer à les conserver dans les meilleures conditions possibles. Cette mesure est importante car il est bien possible qu'une nouvelle numérisation, de meilleure qualité, devienne possible ou que la perte des données numériques rende une seconde numérisation nécessaire – laquelle peut néanmoins être rendue difficile voire impossible pour les raisons présentées dans l'introduction [▶ chap. 2].

La destruction d'un original doit être décidée au cas par cas. La décision dépend en effet de nombreux paramètres. Une personne experte en la matière doit en tous les cas être consultée lors de la prise de décision.

Même en ne tenant pas compte de la transmission du contenu des films et/ou des bandes vidéo, les supports physiques originaux méritent d'être conservés pour leur valeur patrimoniale.

On ne peut jamais avoir la certitude d'avoir saisi dans le processus d'archivage toutes les informations pertinentes quant au contenu et à la forme, même si contenu et forme sont bien documentés et qu'une trace en a été conservée photographiquement.

Sur la question de la conservation des originaux physiques, voir aussi la position publique de Memoriav, présentée dans : ▶ http://memoriav.ch/wp-content/uploads/2016/02/Memoriav_Positionspapier_Physische_Datentraeger.pdf [30.8.2019].

5.8 Appareils

La conservation et la maintenance des appareils originaux, nécessaires à la lecture des supports originaux, est une partie importante du processus de l'archivage à long terme. De nombreux médias restent illisibles sans leurs appareils de lecture et de ce fait n'ont aucune valeur comme documents d'archives. Ce thème n'est cependant pas abordé ici. Les personnes intéressées sont renvoyées aux recommandations afférentes publiées par Memoriav.

6.1 Glossaire

Un glossaire des termes employés les plus importants est prévu pour une prochaine version de ces recommandations.

6.2 Auteurs des illustrations et graphiques

Toutes les illustrations sont de David Pfluger, à l'exception des illustrations 8a–8d, contributions d'Agathe Jarczyk.

6.3 Normes et standards

FIPS PUB 180-4, Secure Hash Standard (SHS). National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, March 2012

ISO 12639:2004, Graphic technology – Prepress digital data exchange – Tag image file format for image technology (TIFF/IT). International Organization for Standardization, Geneva 2004

ISO 14721:2012, Space data and information transfer systems – Open archival information system (OAIS) – Reference model

ISO 18943:2014, Imaging materials – Magnetic hard drives used for image storage – Care and handling. International Organization for Standardization, Geneva 2014

ISO/IEC 14496-14:2003, Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 14: MP4 file format. International Organization for Standardization, Geneva 2003

ISO/IEC 14496-15:2010, Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 15: Advanced Video Coding (AVC) file format. International Organization for Standardization, Geneva 2010

ISO/IEC 15444-1:2004, Information technology – JPEG 2000 image coding system : Core coding system. International Organization for Standardization, Geneva 2004

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 1:2006, Profiles for digital cinema applications. International Organization for Standardization, Geneva 2006

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 2:2009, Extended profiles for cinema and video production and archival applications. International Organization for Standardization, Geneva 2009

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 3:2010, Profiles for broadcast applications. International Organization for Standardization, Geneva 2010

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 4:2013, Guidelines for digital cinema applications. International Organization for Standardization, Geneva 2013

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 5:2013, Enhancements for digital cinema and archive profiles (additional frame rates). International Organization for Standardization, Geneva 2013

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 6:2013, Updated ICC profile support, bit depth and resolution clarifications. International Organization for Standardization, Geneva 2013

ISO/IEC 15444-3:2007, Information technology – JPEG 2000 image coding system: Motion JPEG 2000. International Organization for Standardization, Geneva 2007

ISO/IEC 23008-2:2013, Information technology – High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments – Part 2: High efficiency video coding. International Organization for Standardization, Geneva 2013

Linear Tape File System (LTFS) Format Specification. Version 2.0.1, 2011, http://avpres.net/pub/LTFS_2_0_1.pdf, [5.10.2015]

- Pirazzi, Chris, Cherna, Tim und Hoddie, Peter, *Technical Note TN2162, Uncompressed Y'CbCr Video in QuickTime Files*, in: Mac Developer Library, https://developer.apple.com/library/mac/technotes/tn2162/_index.html#top [5.10.2015].
- Digital Cinema Initiatives, *DCI System Requirements and Specifications for Digital Cinema, DCI Specification, Version 1.2 with Errata as of 30 August 2012 Incorporated*, s. l., 2012, <http://www.dcinovies.com/specification/> [22.9.2015].
- PREMIS Editorial Committee, *PREMIS Data Dictionary for Preservation Metadata Version 2.2*, s. l., 2012, <http://www.loc.gov/standards/premis> [22.9.2015].
- Recommendation ITU-R BT.601-7 (03/11), Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide screen 16:9 aspect ratios. ITU, Geneva 2011
- Recommendation ITU-R BT.709-5, Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange. ITU, Geneva 2002
- RFC 1321, The MD5 Message-Digest Algorithm, Internet Engineering TaskForce (IETF)
- SMPTE 268M-2003, SMPTE Standard for File Format for Digital Moving-Picture Exchange (DPX). Version 2.0. Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE)
- #### 6.4 Pour en savoir plus
- Abrams, Stephen, *Instalment on «File Formats», in: Digital Curation Manual*, s. l., 2007, <http://www.dcc.ac.uk/resource/curation-manual/chapters/file-formats> [22.9.2015].
- Dappert, Angela, Squire Guenther, Rebecca, Peyrard, Sébastien [Hrsg.], *Digital Preservation Metadata for Practitioners: Implementing PREMIS*. Cham, 2016.
- Casey, Mike, *Indiana University Media Digitization and Preservation Initiative (MDPI) White Paper: Encoding and Wrapper Decisions and Implementation for Video Preservation Master Files*, o. O., 2017 <https://mdpi.iu.edu/doc/MDPIwhitepaper.pdf> [11.4.2017].
- David Pfluger, *Eigenschaften von 16-mm Umkehrmaterial in der Digitalisierung in High Definition*, Bern, 2011, http://memoriav.ch/wp-content/uploads/2014/07/16mmtohd_dossier-pdf_web.pdf [26.3.2015].
- Edmondson, Ray, *Audiovisual Archiving: Philosophy and Principles*, Paris, 2004, <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001364/136477e.pdf> [22.9.2015].
- Gfeller, Johannes, Jarczyk, Agathe, Phillips, Joanna, *Kompendium der Bildstörungen beim analogen Video*, Zürich, 2013
- International Association of Sound and Audiovisual Archives, *IASA-TC 03. The safeguarding of the audio heritage ethics, principles and preservation strategy*, s. l., 2017, http://www.iasa-web.org/IASA_TCo3/TC03_English.pdf [28.2.2018].
- International Association of Sound and Audiovisual Archives, *ASA-TC 04. Guidelines on the Production and Preservation of Digital Audio Objects*, s. l., 2009, <http://www.iasa-web.org/audio-preservation-tco4> [22.9.2015].
- International Association of Sound and Audiovisual Archives (Hrsg.), *Ethical Principles for Sound and Audiovisual Archives*. IASA Special Publication No. 6, 2011, <https://www.iasa-web.org/ethical-principles> [30.8.2019].
- Kompetenznetzwerk Langzeitarchivierung, *nestor Handbuch. Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung*, Boizenburg, 2010, <http://www.nestor.sub.uni-goettingen.de/handbuch/index.php> [22.9.2015].
- Leippe, Anna, *8 mm Ewigkeiten. Vom analogen 8 mm Schmalfilmformat zur digitalen Kopie*, Staatliche Akademie der Bildenden Künste (Masterthesis KNMDI), Stuttgart 2010

- Library of Congress, *NDSA Levels of Preservation*, o. O., <http://www.digitalpreservation.gov:8081/ndsa/activities/levels.html> [3.4.2017].
- The Little Archives of the World Foundation / ECPA, *Video Tape Identification*, s. l., 2008, <http://www.little-archives.net/guide/content/formats.html> [25.9.2015].
- Memoriav (Ed.), *Video. Die Erhaltung von Videodokumenten*, 2006, <http://memoriav.ch/video/empfehlungen-video/> [30.8.2019].
- National Film Preservation Foundation (Ed.), *The Film Preservation Guide. The Basics for Archives, Libraries, and Museums*, s. l., 2004, <http://www.filmpreservation.org/preservation-basics/the-film-preservation-guide> [25.9.2015].
- Poynton, Charles, *Chroma subsampling notation*, s. l., 2002, http://scanline.ca/ybcr/Chroma_subsampling_notation.pdf [25.9.2015].
- PrestoCentre, <http://www.prestocentre.org/> [25.9.2015].
- Pritchard, Brian R., *Identifying 35 mm Films*, s. l., 2011, <http://www.brianpritchard.com/35mm%20Film%20identification%20Version%203.2.pdf> [25.9.2015].
- Pritchard, Brian R., *Identifying 16 mm Films*, s. l., 2013, <http://www.brianpritchard.com/16mm%20identification%20Version%201.02.pdf> [30.8.2019].
- Romeyke, Andreas, *Fact Sheet Matroska/FFV1 for Decision-Makers*, 2017, http://andreas-romeyke.de/software.html#_ffv1_matroska_factsheet_for_managment_decision_makers [4.6.2018]
- Rosenthal, David S. H., *LOCKSS: Lots of copies keep stuff safe*, https://web.stanford.edu/group/lockss/resources/2010-03_LOCKSS.pdf [14.11.2019]
- Santi, Mirco, «*Petit, simple, bon marché*». *Storia tecnologica e pratiche d'archivio del Pathé Baby*, Università degli Studi di Udine, 2011.
- Stauderman, Sarah, Messier, Paul, *Video Format Identification Guide*, s. l., 2007, http://videopreservation.conserva-tion-us.org/vid_id/ [30.8.2019].
- Texas Commission on the Arts, *Videotape Identification and Assessment Guide*, 2004, <http://www.arts.texas.gov/wp-content/uploads/2012/04/video.pdf> [25.9.2015].
- Wright, Richard, PrestoSpace Deliverable D13.4 Repositories. *Digital Repositories Explained*, 2007, <http://www.prestospace.org/project/deliverables/D13-4.pdf> [30.8.2019].

6.5 Memoriav

Memoriav œuvre de manière active et durable à la conservation, au traitement, à la valorisation et à la diffusion à grande échelle du patrimoine audiovisuel suisse : photographies, enregistrements sonores, films et vidéos, et tous les documents et informations contextuels nécessaires à leur compréhension.

Memoriav anime un réseau constitué de toutes les institutions et personnes concernées, responsables et intéressées par cette mission, et s'engage dans le domaine de la formation et de la formation continue. Memoriav est active (en collaboration) pour les quatre domaines audiovisuels – photographie, son, film et vidéo – au sein de centres et réseaux de compétences et veille à la mise sur pied, à l'application et à l'élargissement des connaissances spécialisées nécessaires. Memoriav observe l'évolution technologique et les standards nationaux et internationaux dans le domaine de la conservation du patrimoine audiovisuel, publie sur cette base ses propres recommandations et s'engage dans les échanges de connaissances au niveau national et international.

Memoriav est une association vivante et active dans toutes les régions linguistiques et culturelles de la Suisse. Elle conseille les institutions, soutient financièrement des projets et les accompagne professionnellement.

Avec le portail en ligne Memobase, Memoriav facilite l'accès au patrimoine culturel audiovisuel suisse ainsi que son utilisation.

6.6 Chapitres incomplets

Dans les prochaines versions des présentes recommandations, les chapitres suivants seront soumis à une nouvelle rédaction ou complétés :

5.6 Outils de travail

6.1 Glossaire



ASSOCIATION POUR LA SAUVEGARDE DE LA MÉMOIRE AUDIOVISUELLE SUISSE
VEREIN ZUR ERHALTUNG DES AUDIOVISUELLEN KULTURGUTES DER SCHWEIZ
ASSOCIAZIONE PER LA SALVAGUARDIA DELLA MEMORIA AUDIOVISIVA SVIZZERA
ASSOCIAZIUN PER IL SALVAMENT DA LA CULTURA AUDIOVISUALA DA LA SVIZRA
ASSOCIATION FOR THE PRESERVATION OF THE AUDIOVISUAL HERITAGE OF SWITZERLAND

