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 :
http://memoriav.ch/empfehlungen/?lang=fr

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

Recommandations Memoriav
L'archivage numérique des films et vidéos
Version 1.0, avril 2015 (texte allemand), version 1.0, novembre 2015 (texte français)

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
Frédéric Sardet

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

1.	**Buts et objectifs du document**	**4**
2.	**Introduction**	**5**
3.	**Terminologie : explications, définitions et illustrations**	**6**
3.1	Film	6
3.2	Vidéo	6
3.2.1	Cassette vidéo	6
3.2.2	Videoplayer, videorecorder	7
3.2.3	Enregistrements analogiques et numériques	7
3.2.4	Codec et compression	11
3.3	Format	14
3.3.1	Format des médias	14
3.3.2	Format de film	14
3.3.3	Format vidéo	15
3.3.4	Format d'image (= rapport largeur/hauteur)	15
3.3.5	Format de fichier	20
3.3.6	Format d'archivage, format d'utilisation	20
3.4	Numérisation	20
3.4.1	Codage numérique	21
3.4.2	Stream	21
3.4.3	Support de données	21
3.5	Métadonnées	24
4.	**Planification et mise en œuvre pratique**	**26**
4.1	Principes de planification	26
4.1.1	Numérisation en interne ou externalisation ?	26
4.1.2	Contrôle de qualité	27
4.1.3	Coûts	27
4.1.4	Personnel et organisation	27
4.2	Identification des formats	27
4.2.1	Identification des formats de support (film et vidéo)	28
4.2.2	Identification de fichiers vidéo	28
4.3	Numérisation dans le secteur de l'archivage	28
4.3.1.	Conservation numérique ou post-production numérique ?	29
4.3.2	Film, de la prise de vue à l'archivage	29
4.3.3	Numérisation de film: remarques supplémentaires	29
4.3.4	Vidéo, de la prise de vue à l'archivage	31
4.3.5	Numérisation de la vidéo: remarques supplémentaires	31
4.3.6	Modèles de conservation des données	36
4.3.7	Infrastructure informatique	37
4.3.8	Tailles des fichiers et systèmes de fichiers	38
4.4	Questions éthiques	39
4.4.1	Restauration versus re-création	41
4.4.2	Normes éthiques	41
5	**Recommandations**	**44**
5.1	Archivage numérique, généralités	44
5.2	Evaluation des supports et formats de fichiers vidéo les plus courants	45
5.2.1	Mpeg-4 : indications complémentaires	50
5.2.2	Mj2k et ffv1 : indications complémentaires	50
5.2.3	Formats de film recommandés	52
5.2.4	Formats vidéo recommandés	52
5.3	Stockage des fichiers et sauvegarde à long terme	52
5.3.1	Conventions de nommage	52
5.3.2	Sauvegarde : l'exemple lto (linear tape-open)	53
5.3.3	Contrôle de l'intégrité des données	53
5.4	Codecs et transcodages	55
5.4.1	Principes du transcodage	55
5.4.2	Stockage sous forme de séries d'images isolées	58
5.5	Documentation et métadonnées	58
5.5.1	Standards de métadonnées: exemples	59
5.6	Boîte à outils	61
5.7	Originaux	61
5.8	Appareils	62
6.	**Annexe**	**63**
6.1	Glosssaire	63
6.2	Auteurs des illustrations et graphiques	63
6.3	Normes et standards	63
6.4	Pour en savoir plus	64
6.5	Memoriav	65
6.6	Chapitres incomplets	65

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 analogiques sont exposés à une détérioration somme toute très rapide et que le temps disponible pour y remédier est donc lui aussi très court.

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 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 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]

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.

1 LeFurgy, Bill, *Digitization is Different than Digital Preservation: Help Prevent Digital Orphans!*, in: The Signal. Digital Preservation (Blog), http://blogs.loc.gov/digitalpreservation/2011/07/digitization-is-different-than-digital-preservation-help-prevent-digital-orphans/ [8.9.2015]

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 bande, ou pellicule, de matière synthétique, fine, transparente et souple, recouverte d'une couche photographiquement sensible à la lumière visible (émulsion) et destinée à l'enregistrement analogique (optico-chimique) d'images fixes. Lors de la restitution correcte au moyen d'un projecteur, on obtient l'illusion d'une suite animée d'images – images enregistrées au moyen d'une ou plusieurs caméras cinématographiques et obtenues par l'exposition à la lumière de la pellicule (et son développement/sa fixation consécutifs). Le film existe en plusieurs largeurs standardisées, peut contenir des images en négatif ou positif et optionnellement aussi des informations sonores. Le film est doté d'une perforation qui permet le transport mécanique précis des images l'une après l'autre. Le son peut être exposé comme information analogique ou numérique lisible optiquement. Il peut aussi être transmis sous forme d'une bande magnétique collée sur la bande film (Commag) ou comme bande magnétique distincte (Sepmag), sur des disques (Vitaphone) ou des supports optiques (DTS).

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 ¼″ 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 Cassette 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 ex. 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 transmises 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 dans l'intensité de la magnétisation.

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 permit 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, 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.

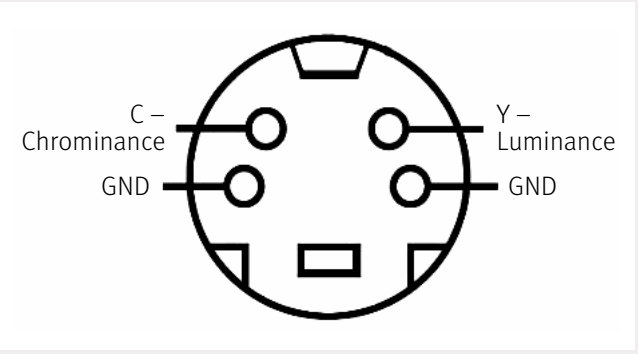
Cette astuce technique a permis d'utiliser en même temps des appareils de télévision noir et blanc et couleur mais n'a pas permis de diminuer la largeur de bande nécessitée par le signal des composantes en comparaison avec le signal noir et blanc. Par la réduction de la largeur de bande de chacun des 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

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

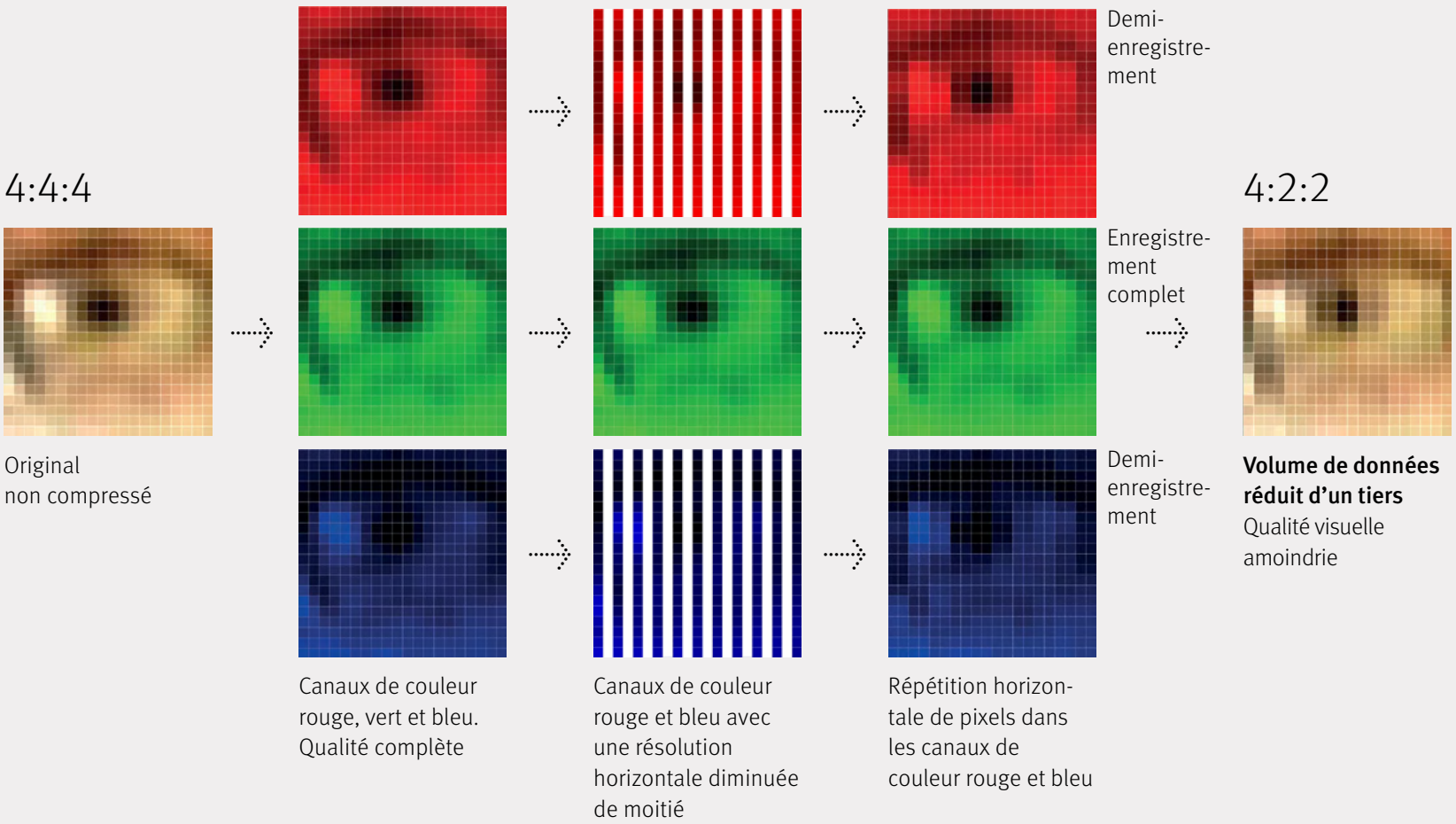
La triple prise Component (de couleur rouge, verte et bleue) est constituée de trois prises Cinch [ou RCA. Note de la trad.], dont chacune transporte un des canaux Y, P_B et P_R, et de leur prise de terre (blindage). La prise S-Video a 4 broches, deux pour le signal de luminance Y et sa prise de terre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

Ill. 1 : 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.



Ill. 2 : Le sous-échantillonnage numérique, un exemple de compression numérique. Ceci est une illustration simplifiée de la réduction des données par une division sélective de la résolution horizontale du canal de couleur rouge et du canal bleu (4:2:2). Sur un plan purement technique, il s'agit de la division sélective de la résolution horizontale des signaux de différence de couleur C_R et C_B, qui mène à la division de la résolution des signaux couleur rouge et bleu. L'expression 4:2:2 décrit le sous-échantillonnage horizontal numérique, basé sur la logique de la réduction de la largeur de bande analogique «Y,P_B,P_R».

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 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 est certes encore utilisée actuellement mais le signal numérique PAL usuel est indiqué avec une résolution de 720×576 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 par un convertisseur A/D et éventuellement par un compresseur (i. e. un encodeur, constitué d'un convertisseur A/D et d'un compresseur) d'une information analogique en un code numérique. 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 ex., 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].

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. Différentes contraintes telles que l'espace mémoire, la vitesse de transmission des données et de leur traitement, l'infrastructure disponible et enfin les ressources financières rendent généralement impossible l'obtention d'une qualité maximale à toutes les étapes du cycle de vie de l'image.

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 permet avant tout de réduire le volume de données. Elle permet de réduire le débit pendant la

Photographie originale, TIFF
Taille du fichier 100 %

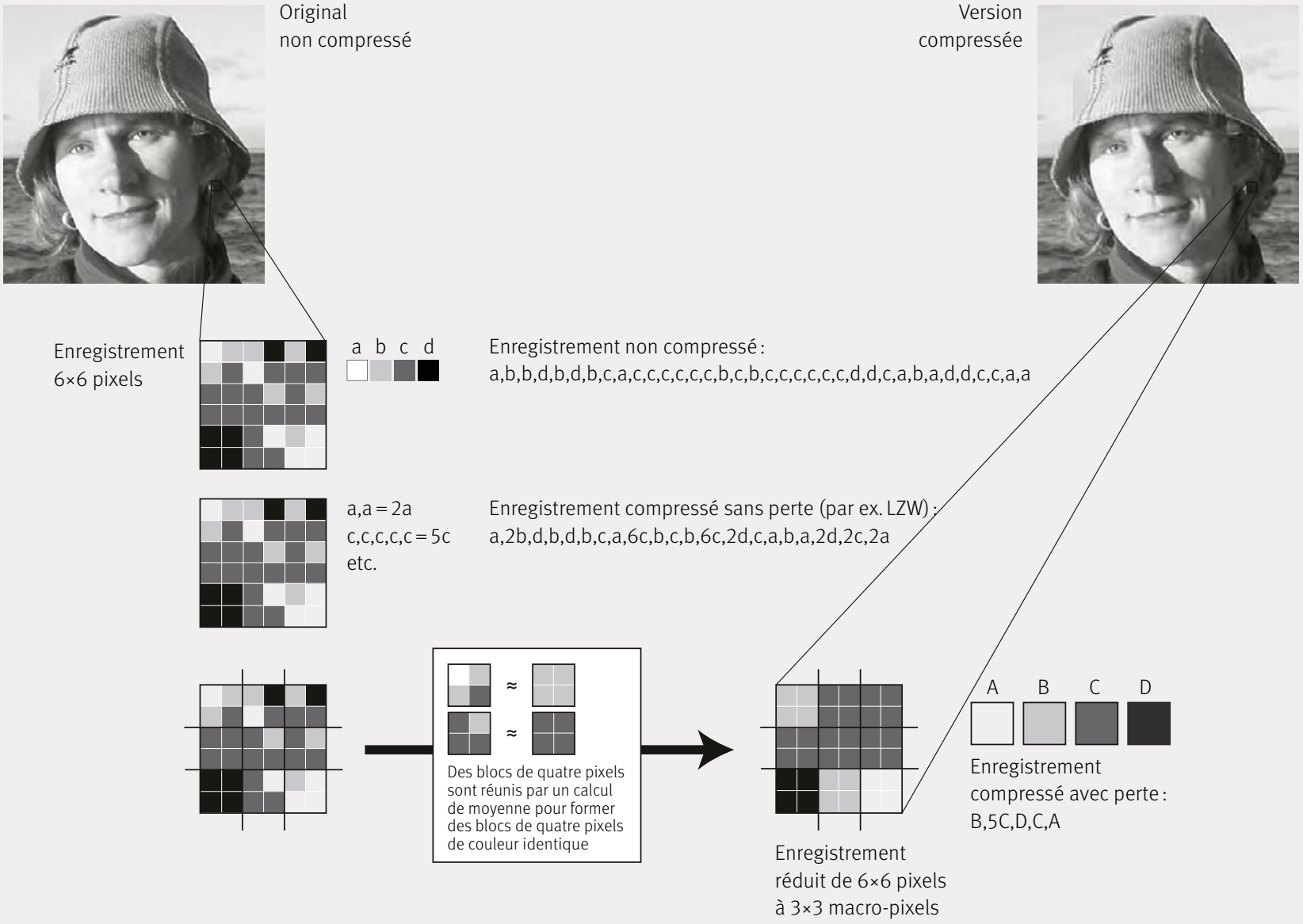
Compression LZW sans perte
Taille du fichier compressé = 55 % de l'original (rapport de compression)

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.

Lors de la compression spatiale sans perte (LZW), des parties juxtaposées et de couleur identique, sont divisées en zones (blocs) et celles-ci sont compressées. Cela permet de ne pas décrire chaque pixel, sa couleur et sa localisation, ce qui réduit le volume de 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. La compression LZW recourt à ces propriétés des photographies.

Ill. 3 : Compression sans perte.



Ill. 4 : Compression spatiale.

transmission des données ou de générer des fichiers moins volumineux. Les processus de travail s'en trouvent accélérés et de l'espace de stockage est économisé. L'infrastructure mise en place doit en contrepartie pouvoir assurer une plus grande performance de calcul, en particulier pour certains codecs de compression sans perte d'information très complexes, tels que Motion JPEG 2000 (MJ2K). Quant à l'espace de stockage nécessaire, la question est pertinente financièrement pour garantir une conservation à long terme.

Si l'information correspond complètement à l'information originale après le codage, on parle de compression sans perte («lossless compression» en anglais).

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 («visually lossless compression»).

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 n° 4 p. 13]) 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.

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. Hig Band, DVCAM vs. DV ;
- fréquence d'images et échantillonnage (nombre d'images par seconde, en anglais «Frames per Second», fps ; balayage entrelacé ou progressif) ;
- dimensions de l'image (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 ex. : 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 filmée, 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 ex. le transfert du film à la vidéo, de la vidéo analogique à la vidéo numérique) 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);
- agrandissement et rognage (suppression de la partie supérieure et inférieure de l'image)
- 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 doit être l'objectif prioritaire, de sorte que seule l'intégration au format 16:9 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. [▶ illustrations nº 5+6, p. 16 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) ou apparaissent en haut et en bas lors d'un transfert dans un format de rapport moins large (Letterbox).

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

Les pixels (de l'anglais «picture element») sont en principe

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)	
Coupé		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.

Ill. 5 : Comparaison des densités d'information stockée pour les formats vidéo courants.

	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 (70 %)		1920 × 1080 (94 %)
Full HD 1920 × 1080 16:9		1440 × 1080 (75 %)		1920 × 1080 (100 %)

Ill. 6 : Comparaison pour les standards 2K, DCP 2K et FullHD des surfaces actives utilisées pour les 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.

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 formats de fichiers, 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.

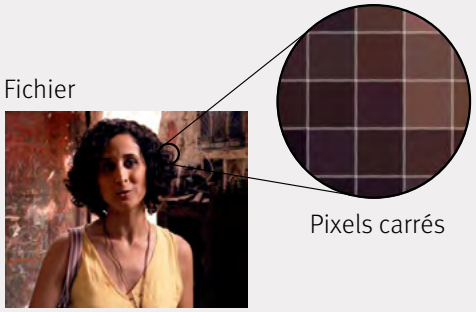
Les techniques du film et de la vidéo ont engendré une multitude de formats. La flexibilité de la représentation numérique des images a encore élargi les possibilités et donc le nombre de standards. Le fait que le cinéma et la télévision aient évolué ces trente dernières années du rapport 4:3 au rapport 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 n° 6 montre cette problématique en détail.

Un exemple équivalent existe dans la technique cinématographique classique. L'image cinémascope extrêmement large, de rapport 1:2,35, est compressée optiquement par anamorphose sur la pellicule du film de 35 mm, originellement prévu pour les images de rapport 4:3. Elle prend la

SD Pal

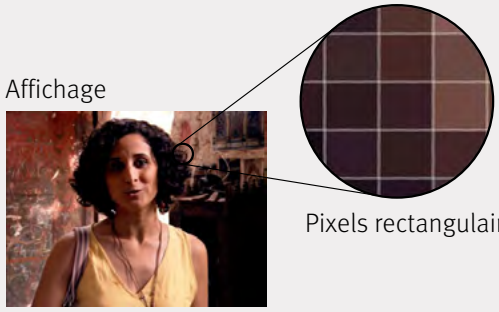
Fichier



Pixels carrés

Rapport largeur/hauteur 5:4
720 × 576 pixels

Affichage

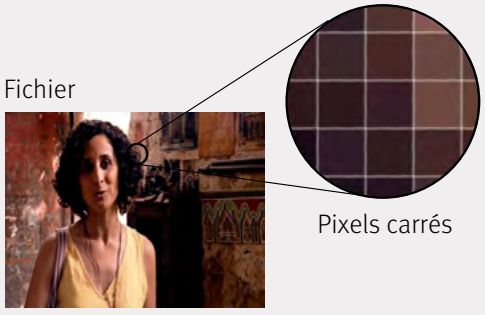


Pixels rectangulaires

Rapport largeur/hauteur 4:3
720 × 576 pixels

HDV

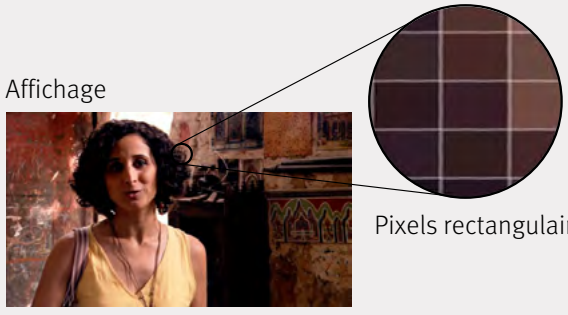
Fichier



Pixels carrés

4:3
1440 × 1080 pixels

Affichage



Pixels rectangulaires

Rapport largeur/hauteur 16:9
1440 × 1080 pixels

Cinémascope

Copie de film

Rapport largeur/hauteur 1:1,175

Projection

Rapport largeur/hauteur 1:2,35

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

Ill. 7 : Représentation de pixels carrés et rectangulaires, et de leurs équivalents dans la technique cinématographique classique.

forme d'une image écrasée horizontalement au rapport 1:1,175, puis est à nouveau étirée lors de la projection grâce à un procédé optique anamorphoseur (elle est donc désanamorphosée). [illustration no 7, p. 19]

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 terminaison 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 est rare de rencontrer des formats de fichiers purs, à l'exemple d'un ‹*.aif› ou d'un ‹*.dv›. Il s'agit le plus souvent d'un format conteneur comme par ex. un fichier audio PCM dans un Wave-Container avec la terminaison ‹*.wav› ou d'un fichier vidéo avec un codec DV dans un Quicktime-Movie-Container avec la terminaison ‹*.mov›. Les formats conteneurs sont utilisés dans le but de pouvoir stocker divers codecs et diverses spécifications dans un seul fichier et rendre possibles des représentations multimédias.

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 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 DN×HD et DN×HD444.

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.

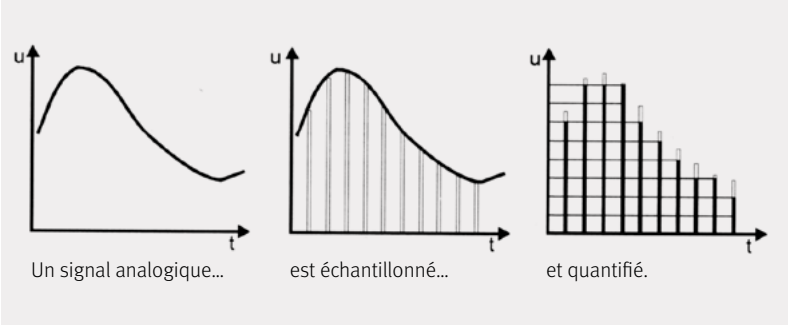
3.3.6.4 Format d'archivage

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 $Y'C_BC_R$, 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.

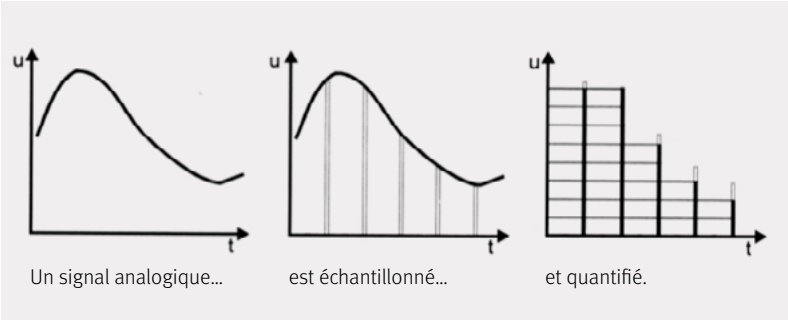
Nota bene : les masters archivés ne sont pas destinés à la projection. Chaque visionnement/utilisation induit une usure du master respectivement contient le risque d'engendrer des erreurs ou des dommages suite à une manipulation incorrecte (pertes de données).

3.4 Numérisation

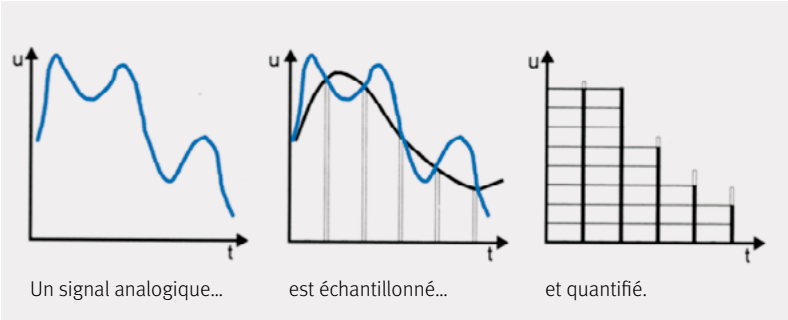
Dans le domaine audiovisuel, la numérisation signifie la conversion d'un signal analogique en un code numérique au moyen d'un convertisseur A/D. Le terme est utilisé souvent de façon imprécise dans le langage courant – pour désigner par ex. la création de fichiers ou en général pour le traitement de 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.



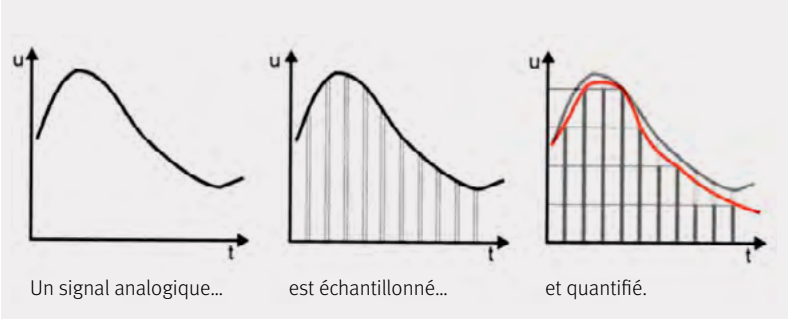
Ill. 8a : Échantillonnage à une cadence élevée.



Ill. 8b : Échantillonnage à une cadence faible.



Ill. 8c : Si la cadence de l'échantillonnage est trop lente, la reproduction du signal sera mauvaise.



Ill. 8d : Si le nombre de niveaux de quantifications est réduit, c'est avant tout l'amplitude qui sera mal reproduite.

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° 9 p. 23]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 [séquence de bits. Note de la trad.] 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 transférée 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.

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 généralement pour un type particulier de support. Le support de type cassette du format vidéo Betacam SP, par ex., a été

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. 9 : 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.

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].

3.5 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 ex. 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.

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 ex. auteur, date de création) et sur le contenu (par ex. 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 un rôle extrêmement important et doit être prévu dans les processus de travail correspondants. Ceci indépendamment du fait que la numérisation soit menée en interne ou externalisée.

Ce thème n'a malheureusement pas pu être traité dans la version actuelle des recommandations mais il le sera dans une version ultérieure.

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.

4.2 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.), *Video. Die Erhaltung von Videodokumenten*, 2006, http://memoriav.ch/video/recommandations-video/?lang=fr [29.9.2015]
- 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.conservation-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 [29.9.2015]

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.

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° 10, p. 30, et n° 11, p. 32]. 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

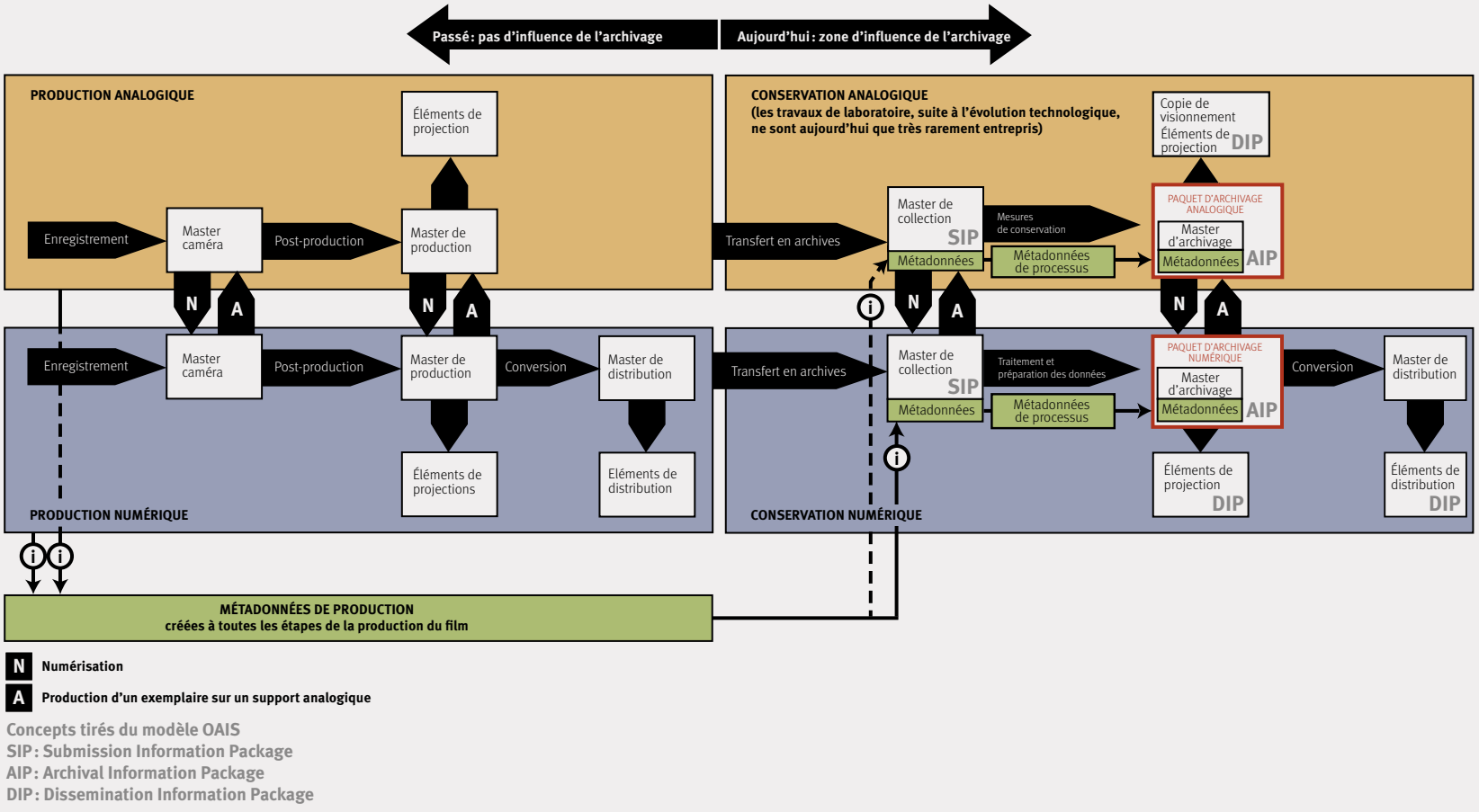
[illustration n° 10, p. 30].

4.3.3 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. Cinq aspects sont ici brièvement expliqués. Plusieurs types 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.

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



Ill. 10 : Workflow film. Aperçu des étapes de traitement d'un film, de la prise de vue au paquet d'archivage.

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.

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

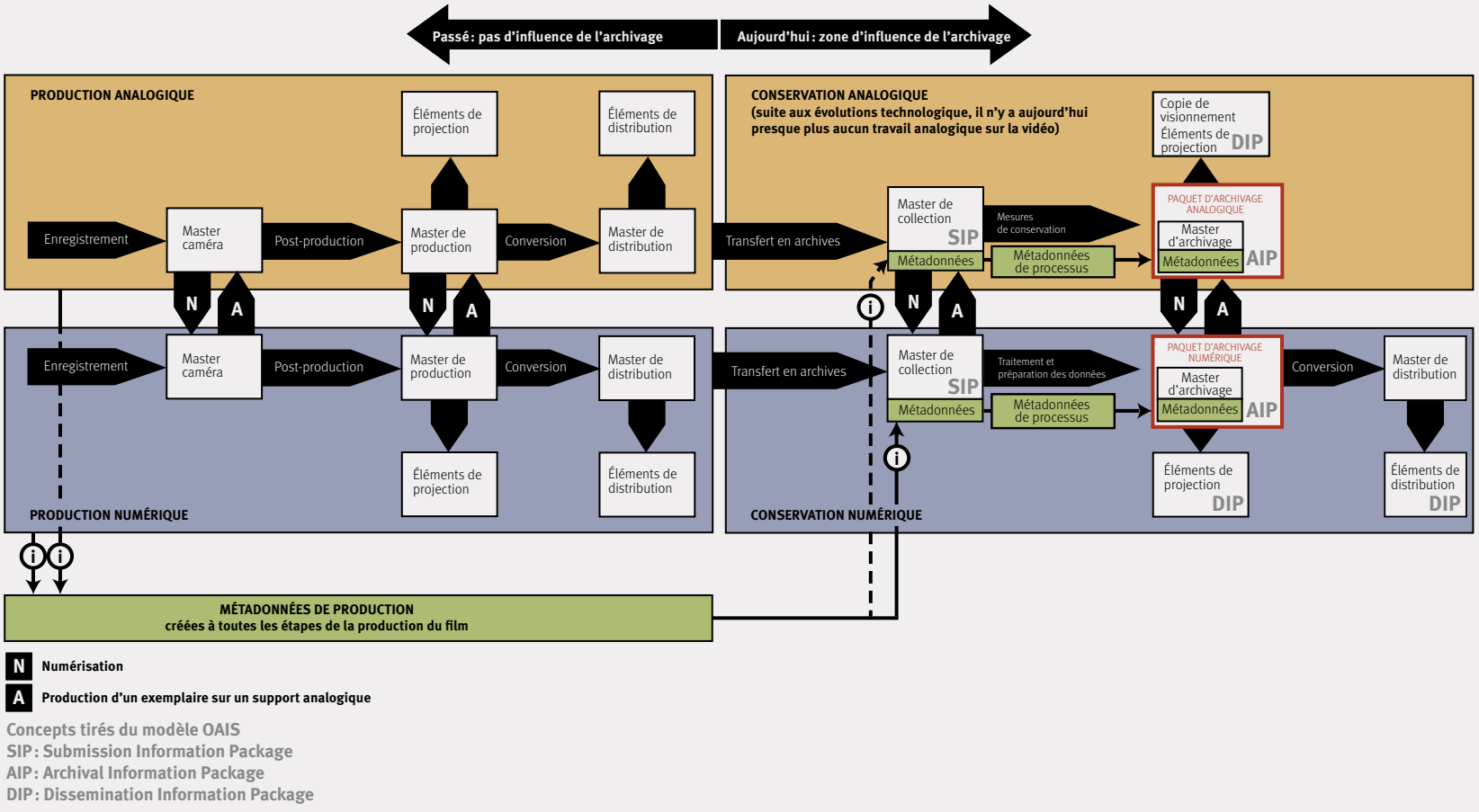
[illustration n° 11, p. 32]

4.3.5 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



Ill. 11 : Workflow vidéo. Aperçu des étapes de traitement d'une vidéo, de la prise de vue au paquet d'archivage.

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 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 modification 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.

4.3.6 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. 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 actuels sont à cet égard, avec leur capacité allant jusqu'à 2 To, un peu plus sûrs que les disques durs de capacité plus élevée [chap. 4.3.8].

En cas de stockage redondant (par ex. au moyen d'une architecture RAID (acronyme pour 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 il y a de copies et plus grande est la redondance à l'intérieur d'une copie, plus la probabilité de conservation à long terme est forte. De plus, le choix des mediamedia de stockage et leur dissémination physique déterminent le niveau de sécurité.

La redondance, la duplication et le contrôle sont les 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.

4.3.7 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 par un 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 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.

4.3.8 Tailles des fichiers et systèmes de fichiers

En règle générale, les copies numériques audiovisuelles sont constituées soit d'un gigantesque fichier (fichiers conteneurs), 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].

4.3.8.1 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

4.3.8.2 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, imprègnera 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° 12, p. 40]

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 :

Medium original:
film inversible 16 mm, SW

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.

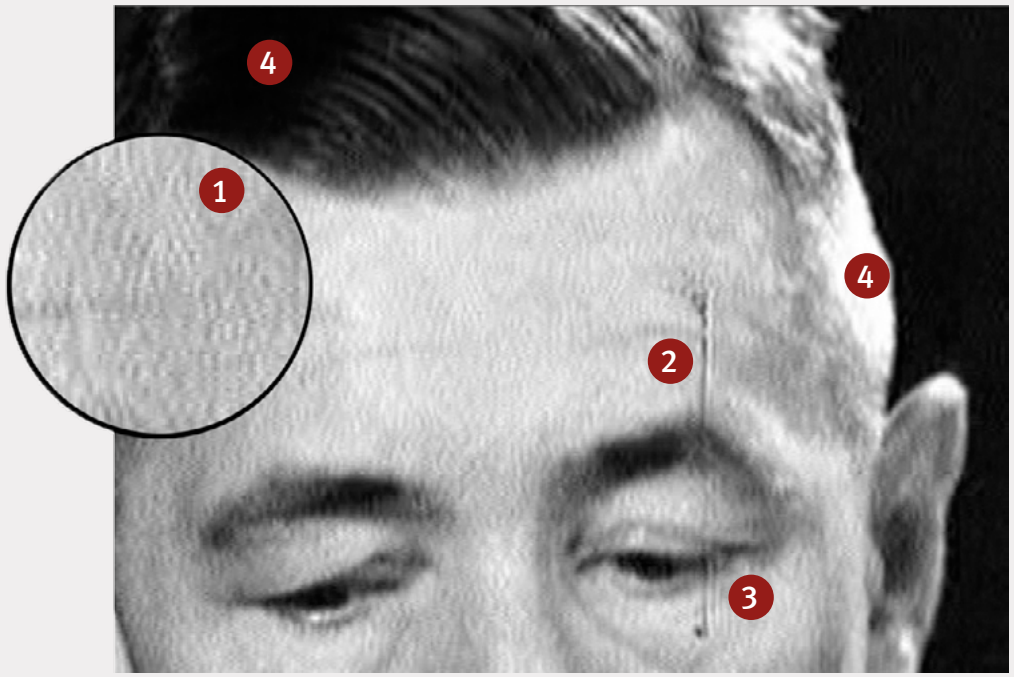


Image : Radio Télévision Suisse

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

- 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-création

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].[3]

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

3 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]

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[4], ne soit pas diminuée par les travaux archivistiques de tri, de classement et d'inventaire, de conservation et d'exploitation. (…)»[5]

– 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, maintenance, display or access to the cultural property should be specified in this document. (…)»[7]
– 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. (…)»[8]
– 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

4 Cf. la version allemande «elektronischen und multimedialen (…)»
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 www.ica.org/5556/[2.10.2015]
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*, http://www.museums.ch/fr/assets/files/dossiers_f/Standards/ICOM_Ethische_Richtlinien_F_web.pdf [5.10.2015].

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. (…)»[9]

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 (sommes 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.

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

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.[10]
3. Évaluation du contenu et priorités 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 intensifs, mais aussi les ressources financières et humaines.

10 Voir les recommandations Memoriav (www.memoriav.ch) pour la vidéo : http://www.arts.state.tx.us/video/; film : www.filmpreservation.org; audio : http://www.fonoteca.ch/yellow/soundCarriers_de.htm, http://preservation.bavc.org/artifactatlas/index.php/A/V_Artifact_Atlas etc.[seul lien actif au 16.10.2015 : http://bavc.org/preservation/audio]

- 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'usager. 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 originel. Une communication active doit exister entre le service d'archives d'origine et le service récepteur. Cette communication doit également porter surles 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».[11] Les exigences indiquées dans ce

11 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]

manuel ne valent pas seulement pour les copies numériques mais aussi pour les documentations numériques ou numérisées et pour les métadonnées.

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 :

Media	Format de fichier (lin : linéaire log : logarithmique)	Débit	Domaine d'application du format tion	Archivabilité	Commentaire
Images isolées	TIFF non compressé (8/16 bits lin)		Enregistrement, post-production, archivage	Recommandé (sans Layer)	Très répandu, normalisé, non compressé
	TIFF avec compression LZW		Enregistrement, post-production	Recommandé sous conditions	Compressé, problèmes de compatibilité possibles entre différentes versions software
	DPX (10 bits lin/log, 12 bits)		Enregistrement, post-production	Recommandé	Très répandu, non compressé, standard de l'industrie (SMPTE 268M-2003) ; différentes sous-catégories existent
	JPEG 2000		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
Fichiers 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	SD: 207 Mbit/s HD: 1,04 Gbit/s	Post-production, distribution (rarement), archivage	Recommandé	Avec un sous-échantillonnage (chap. 3.2.3.2), diffusion surtout dans les musées
	10 bits, 4:4:4, non compressé (HD seulement)	1,56 Gbit/s	Post-produktion, distribution (rarement), archivage	Recommandé	Cf. HDCam SR (voir ci-dessous)
	8 bits, 4:2:2, non compressé	SD: 165 Mbit/s HD: 830 Mbit/s	Post-production, distribution (rarement), archivag	Recommandé	Avec un sous-échantillonnage (chap. 3.2.3.2), diffusion surtout dans les musées
	MPEG-4 (H.264/AVC) (Advanced Video Coding)	variable	Production, distribution	Non recommandé	Pas de standard unique; voir les indications complémentaires du chap. 5.2.1
	Apple ProRes	SD: 30–62 Mbit/s HD: 100–250 Mbit/s	Post-production	Non recommandé	Pas de standard unique, différents codecs ProREs disponibles (par ex. Standard, LT, HQ, Proxy, 444), format propriétaire de la firme Apple
	XDCam HD (MPEG-2)	50 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Recommandé sous conditions	Recommandé sous conditions car il s'agit d'un format standard 'enregistrement dans les stations de télévision

Media	Format de fichier (lin : linéaire log : logarithmique)	Débit	Domaine d'application du format	Archivabilité	Commentaire
	Motion JPEG 2000 (MJ2K)	variable	Archivage	Recommandé sous conditions	Développé explicitement pour l'archivage, ce format n'est cependant recommandé que sous conditions en l'absence de garantie actuelle d'une implémentation solide
	FFV1	variable	Archivage	Recommandé sous conditions	Développé explicitement pour l'archivage, ce format n'est cependant recommandé que sous conditions en l'absence de garantie actuelle d'une implémentation solide
	Codecs Avid (DNxHD)	SD : 146–186 Mbit/s	Post-production	Non recommandé	Pas de standard unique, différents codecs Avid disponibles, format propriétaire de la firme Avid
	Famille de formats REDCODE RAW, étroitement liée à JPEG 2000 (HD seulement)	HD : 224–336 Mbit/s	Enregistrement	Non recommandé	Compatibilité à long terme incertaine
Cassettes vidéo	DV	25 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Non recommandé	Format de consommation (mauvaise qualité de la bande)
	DVCam	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 ; il doit être préféré à DV et DVCPro
	DVCPro25	25 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Non recommandé	Malgré la concordance du codec avec DV et DVCam, il n'est pas recommandé pour raison d'obsolescence
	DVCPro50	50 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Non recommandé	Format propriétaire de la firme Panasonic et obsolescence
	DVCPro100	100 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Non recommandé	Format propriétaire de la firme Panasonic et obsolescence
	Digital Betacam (SD seulement)	90 Mbit/s	Enregistrement, post-production, archivage	Recommandé sous conditions	Ce format est recommandé aux institutions patrimoniales comme alternative au format 10 bits, 4:2:2, avec compression, en SD, si l'infrastructure et le savoir-faire pour l'archivage à long terme leur font défaut. Sa diffusion reste encore importante, mais la durée du support assuré par le fabricant Sony est incertaine
	MPEG IMX	50 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Recommandé sous conditions	Sa grande diffusion dans le domaine télévisuel permet de le recommander sous conditions

Media	Format de fichier (lin : linéaire log : logarithmique)	Débit	Domaine d'application du format	Archivabilité	Commentaire
	HDV (MPEG-2)	19–25 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Non recommandé	Format compressé, propriétaire
	HDCam (HD seulement)	185 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Recommandé sous conditions	Sa grande diffusion dans le domaine télévisuel permet de le recommander sous conditions
	HDCam SR (HD seulement)	440/880 Mbit/s	Enregistrement, post-production	Recommandé	Recommandé aux institutions patrimoniales pour l'enregistrement au format 4:4:4 comme alternative aux fichiers 10 bit de format 4 :4 :4 non compressé si l'infrastructure et le savoir-faire pour l'archivage à long terme leur font défaut
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 recom mandé	Les supports ne sont pas appropriés pour l'archivage
	M-Disc		Archivage	Non recommandé	Nouveau format apparu sur le marché et développé comme format d'archivage, sans retour d'expérience à ce jour
	ODA (Sony)		Archivage	Non recommandé	Nouveau format apparu sur le marché et développé comme format d'archivage, sans retour d'expérience à ce jour
Formats Streaming	Flash (à titre d'exemple)		Distribution	Non recommandé	Format propriétaire, compression avec perte
Unités de stockage informatique	HDD			Recommandé sous conditions	Conditions préalables : différentes copies stockées à différents endroits, sélection des interfaces appropriées, durée de vie de 3 ans
	RAID			Recommandé	Recommandé si des copies de sécurité sur d'autres systèmes existent
	SSD			Non recommandé	Pas encore assez de retours d'expérience sur l'emploi de ce format pour l'archivage
	LTO			Recommandé	Le plus : standard soutenu par un consortium ; le moins : la description de tous les LTO n'a pas été standardisée (chap. 5.3.2)
	DLT			Non recommandé	

compressé avec perte, propriétaire, non normalisé, risque d'obsolescence, support inapproprié.

5.2.1 MPEG-4 : indications complémentaires

Le format conteneur MPEG-4 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 $Y'C_BC_R$ 4:2:2 non compressé. Cette configuration, bien que rarement présentée, pourrait fort bien servir de format d'archivage.

5.2.2 MJ2K et FFV1 : indications complémentaires

Le codec Motion JPEG 2000 (MJ2K), qui est au cœur de l'Open Source, se diffuse toujours davantage comme codec pour l'archivage, usage pour lequel il fut spécialement développé. Il s'agit d'un format compressé de fichier, avec une compression Intraframe, basée sur la technique de «compression par ondelettes» («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 autorise une compression sans perte ou avec perte. La compression sans perte MJ2K 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. Ceci, ainsi que l'absence d'applications orientées utilisateurs ont empêché la diffusion du codec jusqu'à présent. Même l'implémentation standardisée (et avec elle la compatibilité entre différentes applications) est, à tout le moins, remise 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° 13, p. 51].

Le codec MJ2K est par contre employé pour la fabrication d'éléments de projection cinématographiques conformément au standard ISO/IEC 15444-1. 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 proposés pour archivage aux services d'archives, il est nécessaire de débattre du codec à utiliser. L'important est de retenir que les DCPs ne conviennent normalement pas pour l'archivage. La compression MJ2K employée dans ce cadre est une compression avec perte et des métadonnées importantes manquent. Les DCPs sont généralement aussi pourvus d'une clé de sécurité numérique, dans le but de contrôler 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.

Hormis les formats de fichiers non compressés, peu d'alternatives à MJ2K existent pour une compression sans perte. FFV1 est l'exemple d'un codec développé pour l'archivage et déjà utilisé dans des institutions patrimoniales ; c'est également un produit Open Source. 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.

La percée définitive des formats développés pour l'archi-

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

vage dépendra beaucoup de la décision d'institutions patrimoniales importantes de les utiliser.

MJ2K est utilisé dans d'éminentes institutions patrimoniales : la Bibliothèque du Congrès (Library of Congress), à Washington ; la Cinémathèque royale de Belgique, à Bruxelles ; le National Audiovisual Institut d'Helsinki ; les Archives de la Ville de Lausanne.

Quant aux institutions suivantes, patrimoniales ou autres, elles se sont décidées pour le format FFV1 : Österreichische Mediathek, à Vienne ; City of Vancouver Archives, Canada (FFV1 y est utilisé comme codec vidéo, empaqueté dans un conteneur de format Matroska) ; Museum Victoria de Melbourne, en Australie ; Rozhlas a televízia Slovenska (Radio et Télévision de Slovaquie), à Bratislava.

Les institutions suivantes travaillent avec des formats de fichier non compressés : la Tate à Londres ; la Collection suisse de la danse, à Zurich.

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

5.2.3 Formats de film recommandés

Une numérisation haute définition, actuellement d'un coût relativement avantageux, peut être recommandée pour les films amateurs de petit format ; idéalement, il faudrait produire des fichiers non compressés, en haute résolution de 1080 pixels pour 25 images par seconde, avec un espace chromatique YUV 4:2:2 et 10 ou 8 bits pour la chrominance. Ces valeurs correspondent aux exigences actuelles de la production professionnelle et peuvent être considérées comme adaptées pour l'archivage. Il faut cependant considérer que cette solution engendre de très gros volumes de données, qui entraînent à leur tour des coûts considérables et récurrents pour l'entretien des données.

Pour les formats de film professionnels, la qualité haute définition n'est pas recommandée. La numérisation 2K (image de 2000 pixels) avec un espace chromatique RVB 4:4:4 et 10 bits logarithmiques ou 16 bits linéaires pour la chrominance est l'exigence minimale pour la restitution numérique de l'original analogique. Ce processus est aujourd'hui cependant bien plus cher que la numérisation haute définition. L'entretien des données est lui aussi plus complexe. Pour les échantillonnages de haute qualité, il faut recommander aujourd'hui les fichiers d'images isolées DPX ou TIFF. Des résolutions plus hautes et des chrominances plus élevées (soit davantage de bits pour coder la chrominance) seraient certes souhaitables mais ne peuvent être prises en considération aujourd'hui que dans des cas exceptionnels (par ex. pour des éléments ou des négatifs originaux particulièrement précieux).

5.2.4 Formats vidéo recommandés

Aucune recommandation concrète pour le choix de formats de vidéo ne peut être présentée actuellement. Elles figureront dans une prochaine version des recommandations.

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.

Les critères les plus importants sont que les noms des fichiers ne contiennent que des caractères Unicode-UTF-16

et ne contiennent aucun accent 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. Pour garantir une compatibilité entre différents utilisateurs ainsi qu'entre différentes applications (par ex. 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.

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

[chap. 4.3.7] 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 provoquerait des coûts considérables sans profit supplémentaire.

Générations impaires :
- Réaliser les nouvelles copies de sécurité sur des bandes LTO-5.
- Grâce à la baisse importante, depuis l›introduction de la 6e génération LTO, du prix du lecteur de bande Ultrium-5, et des bandes qui vont avec, on peut maintenant faire migrer les bandes de la 3e à la 5e génération.
- La migration des bandes de la 1ère génération est urgente. Les bandes qui existent encore doivent être directement migrées sur la 5e génération.

Générations paires :
- Réaliser les nouvelles copies de sécurité sur des bandes LTO-6.
- La migration des bandes de la 4e génération sur celles de la 6e génération peut être commencée. La baisse de prix des appareils et des bandes (la 7e génération arrive bientôt sur le marché) rend leur coût acceptable pour une institution patrimoniale.
- La migration des bandes de la 2e génération est urgente. Les bandes qui existent encore doivent être directement migrées sur la 6e génération.

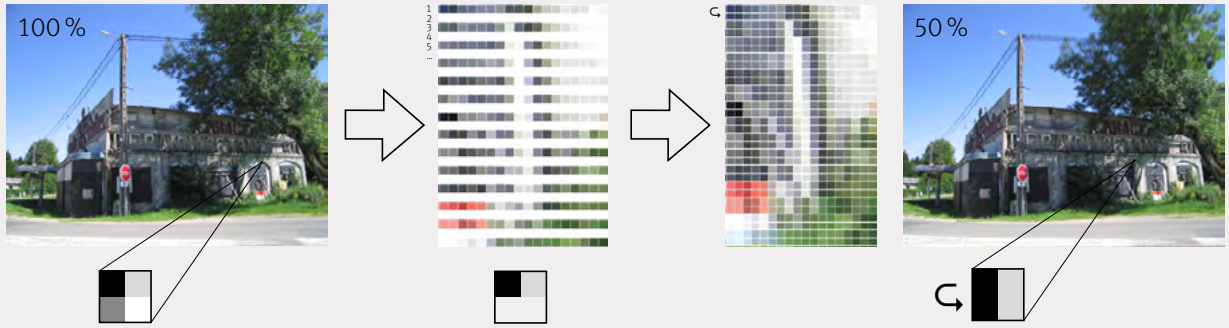
Les solutions offertes par les différents systèmes de fichiers LTO présentent chacune des avantages et des désavantages. Il est recommandé, lors d'un recours au système LTFS (Linear Tape File System) de renoncer à une compression. En effet, les algorithmes de compression sont souvent propriétaires et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

5.3.3 Contrôle de l'intégrité des données

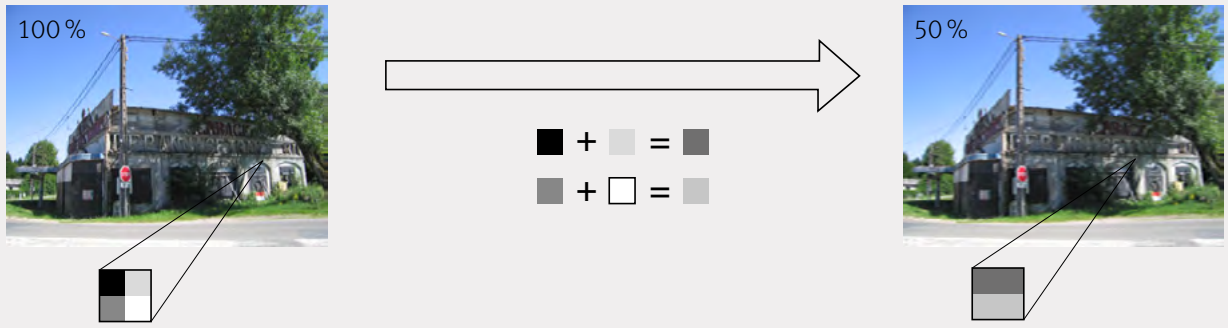
Les fichiers numériques peuvent facilement être manipulés, corrompus ou modifiés. Ceci peut arriver manuellement, intentionnellement ou non, mais un transfert défectueux peut lui aussi «corrompre» les fichiers. L'intégrité d'un fichier peut être vérifiée au moyen de sommes de contrôle («checksum» en anglais). Les sommes de contrôle sont établies 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

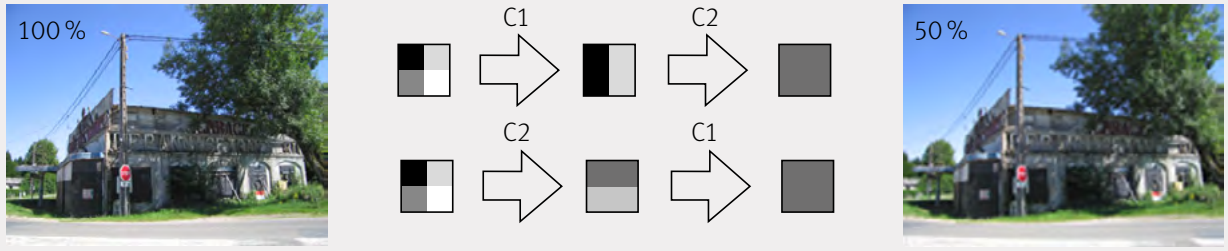
Compression fictive 1 (C1)
Toutes les lignes paires de l'image sont effacées. Les lacunes sont remplacées par le doublage des lignes impaires.
Il en résulte une image conservant, par rapport à l'original, 50 % de la densité d'information et 50 % du volume du fichier.



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. 14 : 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.

comme par ex. ffmpeg permettent également d'établir des sommes de contrôle pour les images isolées 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 isolées 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.

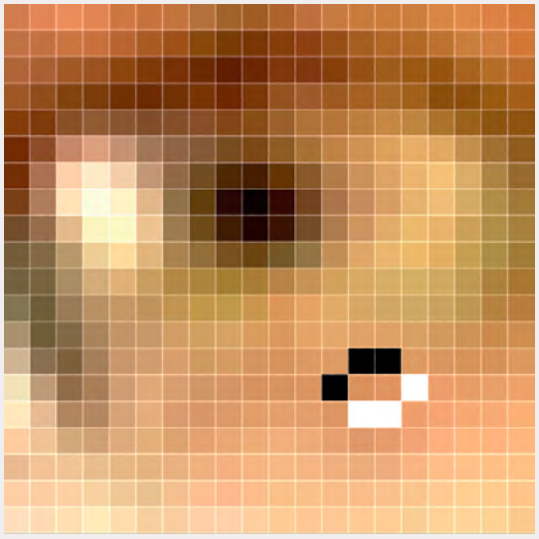
5.4.1 Principes du transcodage

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° 14, p. 54].

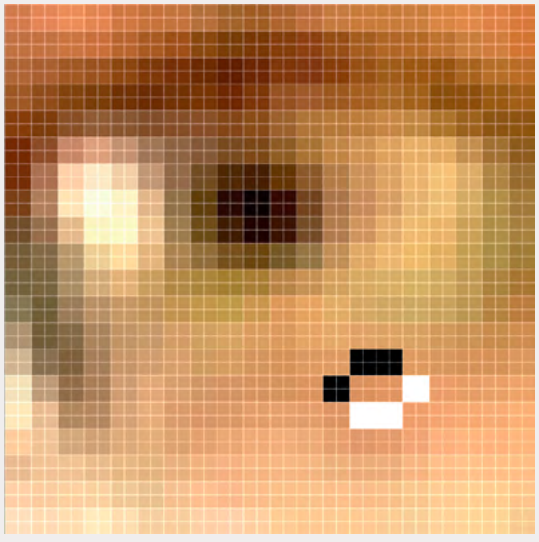
Les transcodages dans le domaine de l'archivage ont pour principale utilité de convertir des fichiers originaux, qui ne sont pas ou plus archivables, dans des fichiers archivables. Selon le concept de conservation mis en place, réduire le nombre de formats à gérer peut également être un but des transcodages. 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

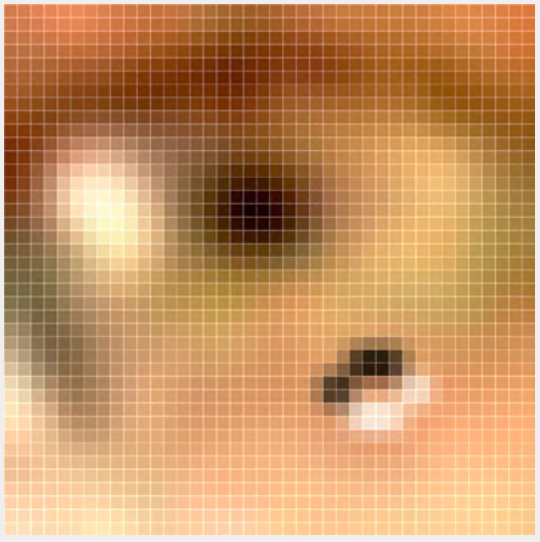
Original: 20 × 20 pixels



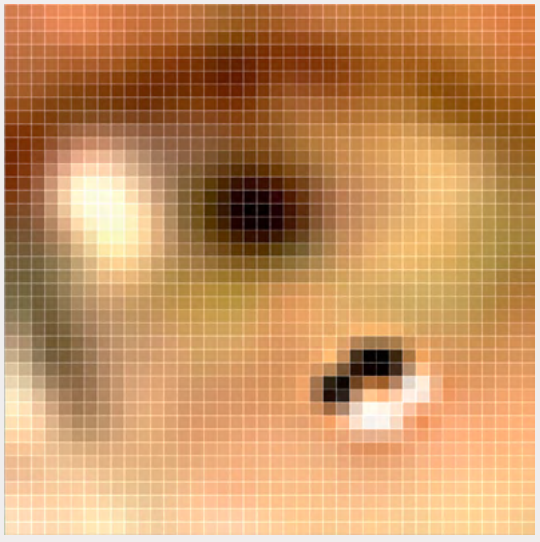
La même image, après avoir été redimensionnée dans Photoshop à 40 × 40 pixels au moyen de différents algorithmes (voir https://helpx.adobe.com/fr/photoshop/using/image-size-resolution.html [10.11.2015])



Répétition de pixels



Méthode bilinéaire



Méthode bicubique

Ill. 15: Effet d'un changement d'échelle sur l'image.

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° 15, p. 56].

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 originel. 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 originels.

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.

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 (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.
- Supposer qu'un transcodage n'est pas problématique lorsque les deux codecs réduisent la quantité de données dans une proportion similaire et sur la base du même original, est une conclusion trompeuse. Employer 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 de 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 %. Ceci signifie que le transcodage répété fait perdre de l'information sans faire économiser de place de stockage.

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: http://pbcore.org/schema/ [27.10.2015]

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 : http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7 [27.10.2015]
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, ffmbc.

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.

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 Glosssaire

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 envi-ronments – 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'C_BC_R 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.dcimovies.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].

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 [22.9.2015].

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., 2005, http://www.iasa-web.org/IASA_TC03/TC03_English.pdf [22.9.2015].

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-tc04 [22.9.2015].

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

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/ [25.9.2015].

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/ycbcr/Chroma_subsampling_notation.pdf [25.9.2015].
PrestoCentre, http://www.prestocentre.org/ [25.9.2015].
Pritchard, Brian R., *Identifying 16 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 [25.9.2015].
Rosenthal, David S. H., *LOCKSS: Lots of copies keep stuff safe*, http://171.66.236.16/locksswiki/files/NIST2010.pdf [25.9.2015].
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.conservation-us.org/vid_id/ [25.9.2015].
Texas Commission on the Arts, *Videotape Identification and Assessment Guide*, 2004, http://www.arts.texas.gov/wp-content/uploads/2012/04/video.pdf [25.9.2015].
Wright, Richard, PrestoSpace Deliverable D13.4 Repositories. Digital Repositories Explained, 2007, http://www.prestospace.org/project/deliverables/D13-4.pdf [25.9.2015].

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.

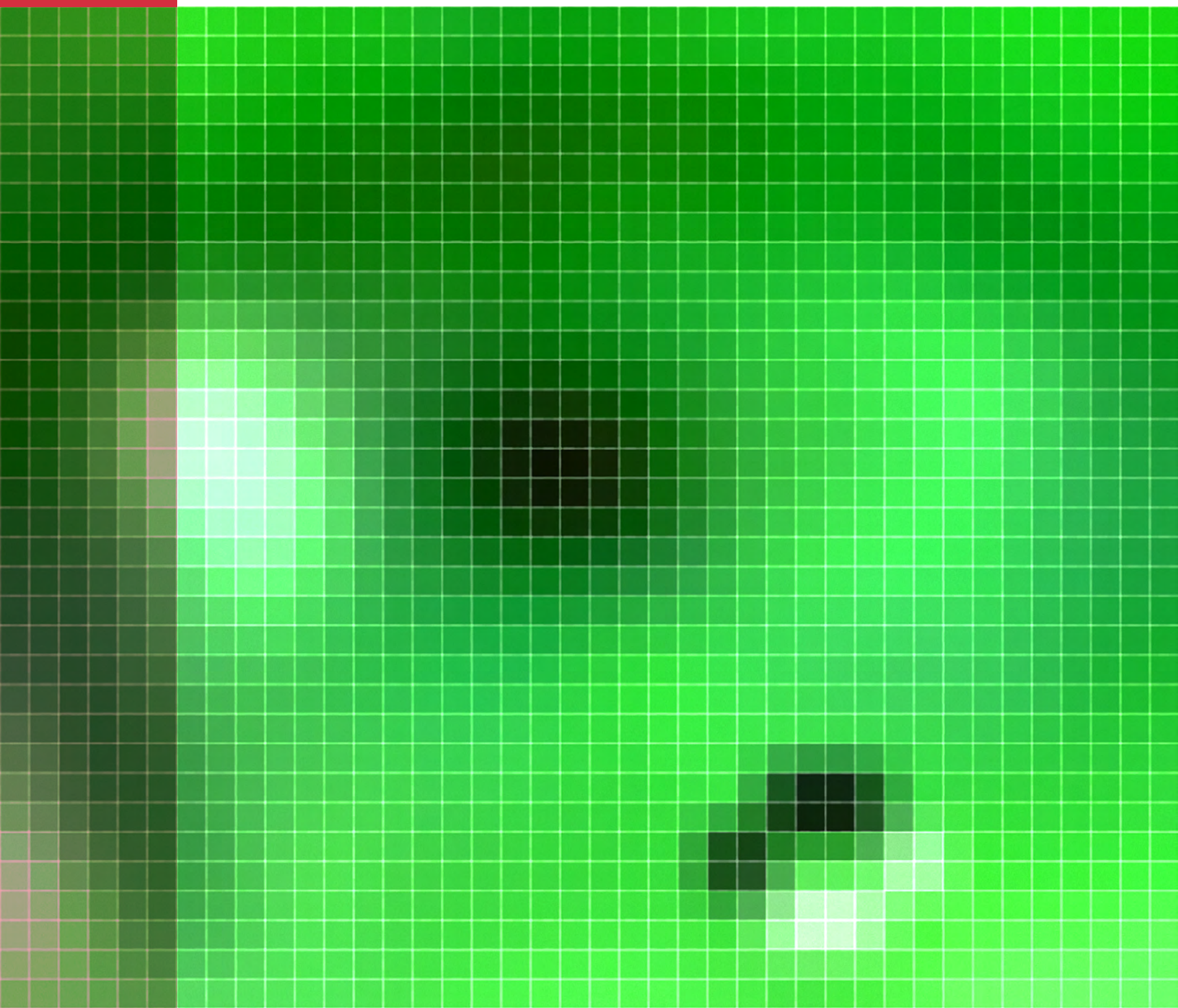
Memoriav anime un réseau constitué de toutes les institutions et personnes concernées, responsables et intéressées par cette mission, et s'engage dans le domaine de la formation et de la formation continue. Memoriav est active (en collaboration) pour les quatre domaines audiovisuels – photographie, son, 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 :

4.1.2 Contrôle de qualité
5.2.4 Formats vidéo recommandés
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