

Projet FLICKER

Numérisation des films argentiques : impact sur la conservation des effets visuels de couleur et de papillotement.

Groupes Art contemporain et Apparence Couleur
du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France – C2RMF

Cécile Dazord et Clotilde Boust

<http://obsolescence.hypotheses.org/>

Taxonomie des artéfacts liés aux technologies films

Matthieu Dubail, C2RMF

Oct. 2011

PLAN

INTRODUCTION.....	3
ARTÉFACTS ISSUS DU SUPPORT ARGENTIQUE	5
· LE GRAIN FILM (GRAININESS, FILM GRAIN)	5
· LES SALISSURES (DUST, DIRT)	5
· LA RAYURES (SCRATCHS).....	5
· LES ÉCLATS DE GÉLATINE (GELATIN LOSS)	6
· LES REPÈRES DE CHANGEMENT DE BOBINE (CHANGE-OVER CUE, CUE MARK, REEL CHANGE MARKER) :.....	6
· LES COLLURES (SPICES)	6
· LE CAP CODE:.....	7
· LE SYNDROME DU VINAIGRE (VINEGAR SYNDROME).....	7
· POINTS BLANCS, CRISTAUX OU BULLES :	8
· VIRAGE COLORIMÉTRIQUE (FADING, COLOR FADING, COLOR CAST)	8
ARTÉFACTS ISSUS DE LA NUMÉRISATION	10
· INSTABILITÉ DU TÉLÉCINÉMA (TELECINE REGISTRATION PROBLEM, TELECINE UNSTEADINESS, TELECINE JUDDER)	10
· ALIASING :	10
· RENFORCEMENT DE NETTETÉ EXAGÉRÉ (OVER-SHARPENING):	10
· TELECINE JUDDER :	11
ARTÉFACTS PROPRES À LA VIDÉO ANALOGIQUE.....	11
· LE CROSS-LUMINANCE (DOT CRAWL, CHROMA CRAWL, MOVING DOTS) :	12
· LES PERSIENNES (VENITIAN BLINDS, HANOVER BARS):	12
· LE DROP-OUT.....	13
· L'ERREUR OU LA PERTE DU CODE TEMPOREL (LOSS OF CONTROL TRACK) :	13
LES ARTÉFACTS PROPRES À LA VIDÉO NUMÉRIQUE	14
· LE BANDING:.....	14
· LE DROP-OUT NUMÉRIQUE (DIGITAL DROPOUT, BIT ERROR) :.....	14
LES ARTÉFACTS COMMUNS À LA VIDÉO ANALOGIQUE ET NUMÉRIQUE	15
· LES DÉFAUTS DE DÉSENTRELACEMENT (DEINTERLACING ARTIFACT):.....	15
ARTÉFACTS ISSUS DE LA COMPRESSION NUMÉRIQUE	16
· L'EFFET DE BLOC (BLOCKINESS, BLOCK DISTORTION, TILING) :.....	16
· L'EFFET DE FLOU (BLURINESS) :	16
· L'EFFET DE BORD (RINGING EFFECT, EDGE BUSYNESS) :	17
· LE BRUIT DE MOUSTIQUE OU EFFET GIBBS (MOSQUITO NOISE OU GIBBS EFFECT) :	18
ARTÉFACTS ISSUS DE LA PROJECTION NUMÉRIQUE	18
· SCREEN TEARING :.....	18
· SACCADÉ (JERKINESS) :	18
· L'EFFET DE GRILLE (SCREEN DOOR EFFECT, FIXED PATTERN NOISE) :	18
· L'EFFET ARC-EN-CIEL (RAINBOW EFFECT) :	19
· DÉFAUT DE CONVERGENCE (ALIGNMENT PROBLEM):	19
· PAPILLOTEMENT OU SCINTILLEMENT (FLICKER, LARGE AREA FLICKER) :.....	19
· ANAMORPHOSE (ANAMORPHOSIS, ANAMORPHIC ARTIFACTS):.....	19
· DÉFAUT DE RÉMANENCE (MOTION BLUR, GHOSTING) ET REVERSE GHOSTING :	20
· LE FAUX CONTOUR (FALSE CONTOUR):	21
BIBLIOGRAPHIE	22
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	24

INTRODUCTION

Artefact : nom masculin (mot anglais, du latin artis facta, effets de l'art)

- Structure ou phénomène d'origine artificielle ou accidentelle qui altère une expérience ou un examen portant sur un phénomène naturel.
- Altération du résultat d'un examen due au procédé technique utilisé.
- En anthropologie, produit ayant subi une transformation, même minime, par l'homme, et qui se distingue ainsi d'un autre provoqué par un phénomène naturel.

Larousse en ligne, 2011 (<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/artefact/5512>)

Dans notre cadre d'analyse, la comparaison du rendu visuel des films patrimoniaux en argentique et numérique, un artefact est un phénomène d'origine artificielle ou accidentelle qui altère la visualisation d'un film et qui ne fait pas parti de l'œuvre originelle (Punchihewa, Synthetic Test Patterns and Compression Artefact Distortion Metrics for Image Codecs 2009). En pratique, chacun des processus de production, post-production, stockage, acheminement, et visualisation d'un film est susceptible d'introduire des artefacts. Il serait complexe de fournir une liste exhaustive de tous les artefacts possiblement présents sur une vidéo tant certains sont rares ou difficiles à détecter de prime abord.

Le projet BRAVA, notamment conduit à l'INA par Jean-Hugues Chenot entre 2000 et 2002, publia un dictionnaire en recensant 190 différents (BRAVA 2000-2002). Il y est précisé que certains artefacts, liés aux formats vidéo analogiques et aux solutions vidéo amateurs (VHS, Betamax, etc.) sont « trop nombreux pour être énumérés ». De plus, le numérique y est très peu traité. Depuis la rédaction de ce dictionnaire, d'autres formats vidéo numériques et systèmes de diffusions ont fait leur apparition, apportant eux aussi leur lot de nouveaux artefacts. Yuen et Wu ont en 1998 recensé les artefacts propres à la compression numérique (Yuen et Wu 1998). En 2002, Punchihewa et Bailey proposent à leur tour une classification des différents artefacts accompagnée des méthodes de correction associées (Punchihewa et Bailey, Artefacts in Image and Video Systems: Classification and Mitigation 2002).

Nous allons tenter ici d'énumérer et de documenter certains des artefacts les plus fréquemment trouvés ou les plus problématique dans le cadre d'une archive muséale d'œuvres artistiques. Ceux relatifs à des défauts de prise de vue ou de transmission à distance ne sont donc pas pris en compte. Certains problèmes rendent ardues les classifications méthodiques des artefacts vidéo:

- malgré la volonté des auteurs du projet BRAVA d'uniformiser les noms et définitions donnés aux artefacts, les différents articles (amateurs ou professionnels) traitant du sujet continuent à employer des noms différents pour un même artefact, ou le même noms pour deux artefacts différents. Au sein de notre liste, nous reprenons les noms, ainsi que les codes, données aux artefacts par le dictionnaire BRAVA, lorsque cela est possible.

- il est fréquent que des artefacts d'apparences similaires aient des origines différentes. Parallèlement, un même disfonctionnement matériel entraine souvent l'apparition de plusieurs artefacts différents.

La majorité des artefacts présentés ici émanent de produits technologiques désormais obsolètes mais néanmoins toujours présents au sein de collections. De plus, certains enregistrement défectueux ont fait depuis l'objet de numérisation ou de recopies sur d'autres supports. Ainsi les artefacts originellement liés un support se retrouve eux même copiés vers un

autre. Il est donc fréquent de retrouver certains artefacts hybrides, émanent de la transformation d'un artefact par un autre.

La bibliographie associée à cette liste présente souvent des méthodes algorithmiques permettant d'atténuer ou d'éliminer les artefacts présentés. Ces solutions de restauration (ou des variantes de ces solutions) sont déjà implémentées dans divers logiciels dédiés. Elles sont plus ou moins approximative puisque basé sur une représentation supposée de l'image originale.

ARTÉFACTS ISSUS DU SUPPORT ARGENTIQUE

- **Le grain film (graininess, film grain)**

– BRAVA F1: Fourmillement noir et blanc (sur un film noir et blanc) ou coloré (sur un film couleur) particulièrement visible dans les aplats (Vitale 2007). La structure interne de l'image argentique est composée soit de grain d'argent, soit d'amas de colorants. Les films de prise de vue sont généralement bien plus granuleux que les films de tirage.

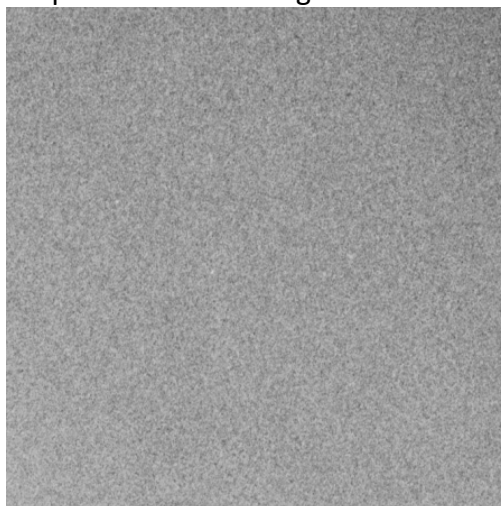


Figure 1: Grain film prononcé sur un film noir et blanc

- **Les salissures (dust, dirt)**

– BRAVA F2 et F3: les films argentiques attirent par électricité statique les poussières qui viennent se fixer dessus. En projection, elles obstruent donc le passage de la lumière sur une partie de l'image. Si les taches engendrées sont blanches, les poussières proviennent d'un élément film négatif (négatif de tournage ou internégatif). Si elles sont noires, elles proviennent d'un élément positif. Dans ce cas, elles sont probablement sur l'élément projeté et peuvent donc être nettoyé.

- **LA RAYURES (SCRATCHS)**

– BRAVA F6 et F7: lignes verticales généralement présentes sur une longue séquence d'images. Plus une copie film a été exploitée longtemps, plus elle a de chance de présenter des rayures. Le tableau suivant répertorie les différentes rayures en fonction de leurs origines.

		Face de la rayure		
		Coté support	Coté gélatine – film noir et blanc	Coté gélatine – film couleur
Type d'émulsion	Négatif	Rayure blanche	Rayure noir	Rayure colorée
	Positif	Rayure noire	Rayure blanche	Rayure colorée



Figure 2: Film noir et blanc positif très rayé coté support (Kokaram, chapter 9 : line scratch detection and removal s.d.)

- **Les éclats de gélatine (Gelatin Loss)**

– BRAVA F4: la gélatine, contenant l'image du film, est très fragile et peut même devenir cassante avec le temps. L'identification de la source des pertes de gélatine est équivalente à celle des rayures, à ceci près qu'elle ne concerne pas le support du film.

- **Les repères de changement de bobine (change-over cue, cue mark, reel change marker) :**

Rond (ou ovale ou d'autre forme géométrique) blanc aux contours imprécis présents sur le haut droit de l'image, sur une à plusieurs images successives. Ce sont des trous poinçonnés sur les films destinés à la projection destinés à indiquer au projectionniste un changement de bobine proche (SMPTE 2000) (SMPTE 1999).



Figure 3: Repère de changement de plan en haut à droite de l'image (Capture d'écran de "Lured" de Douglas Sirk, version Kino)

- **Les collures (splices)**

– BRAVA F10 et F11 : bordures blanches, consécutivement en bas d'une image, puis en haut de la suivante. Les collures permettent de lier deux bouts de films ensemble. Sur un film développé et monté, on les retrouve sous trois formes différentes: les collures réalisées à la colle spéciale film (cement splice), au moyen d'un ruban adhésif (tape splice), ou par fonte ultrasonique (ultrasonic splice) (Read Paul 2000). Les collures au ruban adhésive se conservent mal avec le temps, se salissant au fur et à mesure de la manipulation du film.



Figure 4: Collure fait à la colle special film (Capture d'écran de Yoidore tenshi" de Kurosawa, version BFI - Region 2 – PAL)

- **Le CAP code:**

L'arrivé des caméscopes grand publique à notamment eu pour effet l'émergence du piratage des films projetés en salle de cinéma. Afin de pouvoir effectuer la traçabilité des copies, et ainsi détecter la provenance des vidéos pirates, certaines copies film sont dotées d'un CAP code (Coded Anti-Piracy) (Antonellis et al 2003). Un motif unique (généralement une série de points noirs) est directement inséré dans des images du film, et agissent comme un watermark sur la bobine positive.



Figure 5: Le CAP code est ici present en haut au milieu de l'image (Emerson 2009)

- **Le syndrome du vinaigre (vinegar syndrome)**

BRAVA F23 : en se dégradant, les films sur support acétate rejettent de l'acide acétique. Le film sent alors une forte odeur de vinaigre. Le support se rétracte et la gélatine (comportant l'image argentique) se plisse de manière irréversible, puis se casse (Reilly 1993).



Figure 6 : (Kokaram, On Missing Data Treatment for Degraded Video and Film Archives: A Survey and a New Bayesian Approach 2004)

- **Points blancs, cristaux ou bulles :**

La dégradation des pellicules sur support à base d'acétate de cellulose entraîne l'apparition de cristaux et/ou des fines bulles sur la surface du film. Le plastifiant présent dans la base, initialement prévu pour réduire l'embrasement du film et réduire son instabilité dimensionnelle (rétractation), est expulsé sous forme de cristaux, ou sous forme liquide, formant de fines bulles emprisonnées entre le support et l'émulsion (Reilly 1993).

- **Virage colorimétrique (fading, color fading, color cast)**

– BRAVA F15 : le vieillissement d'un film a souvent pour conséquence l'affaiblissement des tons et couleurs de l'image. La dégradation de l'image argentique d'un film noir et blanc se caractérise par une réduction de la densité maximale ainsi que du contraste. Sur un film couleur, il est fréquent de voir apparaître une dominante de couleur magenta. Ceci s'explique par le fait que le colorant magenta se conserve mieux que les deux autres, cyan et jaunes.

Une autre explication de l'apparition d'une teinte magenta ou bleu implique le syndrome du vinaigre expliqué plus haut. En présence d'acide acétique, la couche anti-halo des films, rendue transparente lors du développement, reprend sa couleur initiale, à savoir magenta pour certains films Kodak et bleu pour certains Agfa et Ansco (Horvath 1987).



Figure 7: le vieillissement des colorants dans ce film a désaturé les couleurs et fait viré les couleurs vers le magenta

ARTÉFACTS ISSUS DE LA NUMÉRISATION

- **Instabilité du télécinéma (Telecine registration problem, Telecine unsteadiness, Telecine judder)**

– BRAVA F26 : Déplacement de l'image entière plus ou moins rapide. Si le télécinéma ou le scanner a un entrainement continu (sans blocage du film lors de la numérisation), il est plus prompt à présenter des problèmes de fixité horizontale que verticale (BRAVA 2000-2002). Les télécinémas et scanners bloquant la pellicule (au moyen de griffes dans les perforations) peuvent avoir une mauvaise fixité horizontale et/ou verticale, souvent dépendante de l'état des perforations du film. Les films peuvent cependant montrer des problèmes de stabilité d'image avant la numérisation.

- **Aliasing :**

Motifs incohérent en forme de moiré dans les détails fins de l'image. Il arrive lorsque l'image formée par l'objectif comporte des motifs répétitifs et contrastés plus petits que l'espace séparant deux photosites sur le capteur. Le capteur n'arrive donc pas avec exactitude à reproduire ce motif et le transforme de manière aberrante.



Figure 8: Exemple d'aliasing. Les murs en brique sont reproduits avec un fort moirage. (Scientific Volume Imaging s.d.)

- **Renforcement de netteté exagéré (over-sharpening)¹:**

Halo noir et blanc autour des éléments contrastés de l'image. L'utilisation d'algorithmes de renforcement de netteté, ou correction de contour, est commune à beaucoup de systèmes de captation vidéo. Il sert habituellement à réduire artificiellement l'impression de flou induit par le filtre passe-bas situé devant le capteur, en augmentant le micro-contraste. Lorsqu'il est réglé en excès, il produit un halo disgracieux entourant les détails fins et contrastés de l'image.

¹ Harte Naomi and Kokaram Anil, "Automated removal of overshoot artefact from images", Dept. Electronic and Electrical Engineering, Trinity College Dublin, Ireland, 2006

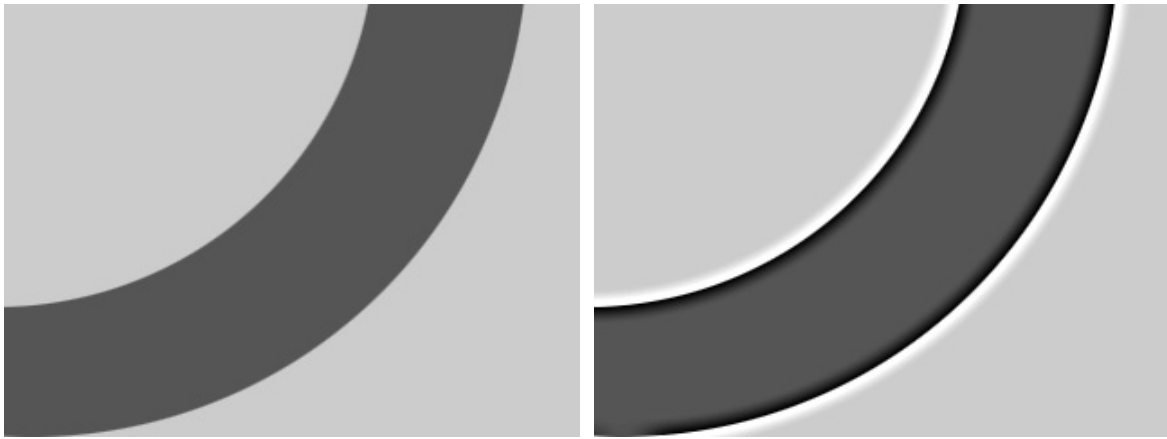


Figure 9: Exemple de renforcement exagéré de la netteté. A gauche l'image d'origine, à droite l'image renforcée.

- **Telecine Judder :**

Rendu saccadé intermittent des mouvement de l'image (déplacement dans l'image ou de la camera). Lors d'un pulldown, la simple recopie des trames induit une perte de la continuité des mouvements (Watkinson 1994). Ce phénomène est d'autant plus visible et gênant que le pulldown est irrégulier et important, par exemple le 2:3 pulldown.

ARTÉFACTS PROPRES A LA VIDÉO ANALOGIQUE

- **Le colour bleeding (chroma bleed, chromashift):**

Lorsque les couleurs semblent déteindre les une sur les autres. Ce problème est particulièrement visible avec les images possédant des couleurs très saturées et des bords francs. Il se manifeste sur les systèmes d'enregistrement vidéo analogiques et numériques domestiques : VHS, 8mm, DV, etc. Pour économiser le débit de données enregistrées, l'information couleur y est au moins quatre fois moins importante que l'information de luminance. Cette baisse de définition de la couleur est normalement transparente pour l'observateur : l'œil est discrimine plus les détails noir et blancs que les détails en couleur.

En vidéo analogique, le colour bleeding provient généralement d'une sursaturation de certaines couleurs (Demtschyna s.d.). Il s'intensifie après plusieurs générations d'enregistrement, lorsque l'information couleurs est lue et enregistré successivement, perdant en définition à chaque étape. Sur le support final, la couleur est tellement floue que le colour bleeding devient visible. Il se peut également qu'un lecteur/enregistreur vidéo analogique déréglé ne reproduite pas la couleur à son exacte position (GTH Electronics 1997).



Figure 10: Le rouge du pull déteint sur le fond blanc (Capture d'écran du DVD « Classic Albums Series 2: Phil Collins-Face Value » 18:20) (Demtschyna s.d.)

- **Le cross-color (dot crawl) :**

Motifs (moiré) colorés visible dans les zones de l'image comportant de fins détails. En vidéo composite (NTSC, PAL, SECAM), le signal vidéo image est séparé en deux bandes de fréquences : les basses fréquences portant l'information de luminance, et les hautes fréquences portant la chrominance (la couleur). Lorsque l'image comporte de fins détails (hautes fréquences en luminance), ils sont parfois analysés à tort comme de la chrominance (Bellaïche 2008).



Figure 11: Le motif en stries de la cravate laisse place à un dégradé de couleurs aberrantes dans ce film noir et blanc numérisé (Capture d'écran de "Lured" de Douglas Sirk, version Kino)

- **Le cross-luminance (dot crawl, chroma crawl, moving dots) :**

Stries aux abords de certaines couleurs saturées. Le cross-luminance est l'effet inverse du cross-color. Dans un signal vidéo composite, certaines informations couleurs sont analysées comme de hautes fréquences (détails fins) en luminance.



Figure 12: fortes stries aberrantes autour des boutons jaunes sur fond gris-bleu (Ricnun 2010)

- **Les persiennes (Venitian Blinds, Hanover Bars):**

Stries colorées horizontales particulièrement visibles dans les zones de haute saturation. Caractéristiques du standard PAL analogique. Le PAL (Phase Alternate Line) contient deux informations de chrominance (R-Y et B-Y) alternativement déphasé ligne par ligne. Lorsque ces deux signaux, porteurs de l'information couleur, sont désynchronisés, un changement de teinte ou de saturation se produit d'une ligne sur l'autre (Edwin 2004). Les décodeurs PAL de générations plus récentes ont introduit des mécanismes permettant d'éviter l'apparition de cet artefact.



Figure 13: illustration des persiennes sur le détail d'une mire (Zacabeb 2009)

- **Le Drop-out**

– BRAVA V9-13: perte temporaire du signal vidéo suite à une dégradation de la bande magnétique (décrochement occasionnel) ou d'une malfunction ou d'un encrassement des têtes d'enregistrement ou de lecture du magnétoscope (décrochement récurrent) (Bellaïche 2008). Selon le type de magnétoscope, le décrochement est parfois représenté par la répétition de la dernière ligne jusqu'à réapparition du signal.



Figure 14: Exemple de drop-out dans un enregistrement en Betacam analogique (Kokaram, On Missing Data Treatment for Degraded Video and Film Archives: A Survey and a New Bayesian Approach 2004)

- **L'erreur ou la perte du code temporel (Loss of control track) :**

Sur une bande vidéo (numérique et analogique), une piste code temporel (control track ou CTL) est enregistré en complément des pistes vidéo et audio. Il sert à asservir la vitesse de lecture à celle de l'enregistrement afin de compenser la non-régularité des vitesses de défilement de bande (Bellaïche 2008). Lorsque cette piste est défectueuse, le signal vidéo n'est pas retranscrit fidèlement. En analogique, les lignes sont généralement décalées et mouvantes, de haut en bas et de gauche à droite.



Figure 15: Exemple d'une perte de code temporel sur une vieille VHS (Rtbvhsrip 2008)

LES ARTÉFACTS PROPRES À LA VIDÉO NUMÉRIQUE

- **LE BANDING:**

Reproduction non lissée de dégradés de couleur ou noir et blanc. Certaines valeurs RVB intermédiaires ne sont pas reproduites. Plusieurs causes à sont envisageables. Il peut résulter de l'emploi d'une profondeur de codage trop faible à un moment donné du processus de production, de transport, ou de visualisation: 6 ou 4 bits par couleur au lieu de 8 par exemple.

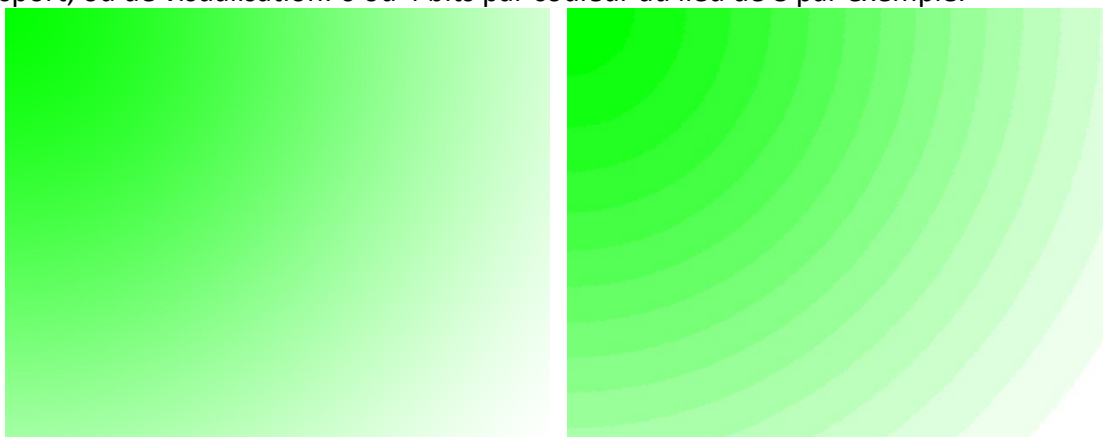


Figure 16: Dégradé de vert. L'image de droite est codée en 8bits par couleur, l'image de gauche en 4 bits par couleur.

- **LE DROP-OUT NUMÉRIQUE (DIGITAL DROPOUT, BIT ERROR) :**

Le décrochement en numérique a les mêmes causes qu'en analogique, mais est visuellement différent. Une image numérique dégrade, possédant des bits défectueux ou manquants, présentent souvent des blocs aberrants (Kokaram, On Missing Data Treatment for Degraded Video and Film Archives: A Survey and a New Bayesian Approach 2004).



Figure 17: Exemple de Drop-out numérique sur un enregistrement au format D1 (Kokaram, On Missing Data Treatment for Degraded Video and Film Archives: A Survey and a New Bayesian Approach 2004)

LES ARTÉFACTS COMMUNS À LA VIDÉO ANALOGIQUE ET NUMÉRIQUE

- **Le Bruit (Noise):**

Le bruit est le pendant vidéo du grain en argentique. Il se présente sous la forme d'un fourmillement noir et blanc, et couleur, particulièrement présents dans les noirs et les zones sombres de l'image. Il est protéiforme et peut provenir du capteur des dispositifs de numérisation ainsi que de chaque circuit électronique par lequel passe le signal avant d'être affiché. Chaque dispositif de capture et de traitement de l'image possède un rapport signal/bruit (Bouillot 2005).

Le bruit devient plus apparent à partir du moment où le signal est amplifié, ou l'image est éclaircie dans notre cas.

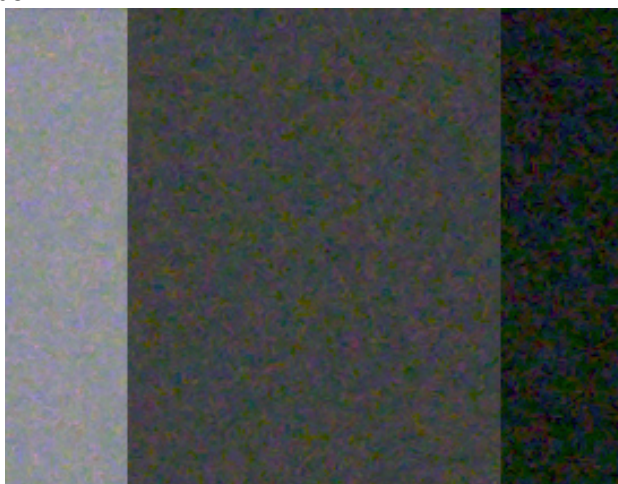


Figure 18: Illustration du bruit dans trois plages de gris différentes

- **Les défauts de désentrelacement (deinterlacing artifact):**

Stries verticales sur les images en mouvement, images fantôme verticale, ou perte de définition verticale. Le désentrelacement est le passage d'une vidéo entrelacée à une image progressive. Il est utilisé lors du passage de la SD vers la HD ou lors d'un pull-down. Plusieurs techniques de conversion sont utilisables, induisant chacun différents artefacts. La superposition des deux trames est la meilleure technique pour les images fixes mais entraîne des stries verticales lors des mouvements. L'interpolation des deux trames sur une même image provoque l'apparition d'une image fantôme verticale (image de moindre intensité

suivant les mouvements). Le doublement de la trame paire ou impaire provoque une perte de la définition verticale. Les algorithmes de désentrelacement récents et plus complexes sont moins prompts à générer des artefacts.



Figure 19: stries verticales caractéristique d'un désentrelacement par superposition des trames (Mikus 2008)

ARTÉFACTS ISSUS DE LA COMPRESSION NUMÉRIQUE

- **L'Effet de bloc (Blockiness, Block distortion, tiling) :**

Découpage de l'image en carrés plus ou moins grands dont les bords présentent une discontinuité. Cet artefact est relatif à la compression spatiale des images. Elle est courante dans les compressions de type DCT (Discrete Cosine Transform ou Transformée en cosinus discrète) utilisée dans les formats JPEG, MJPEG, MPEG et DV, mais aussi dans d'autres formats de compression. La compression DCT sépare l'image en blocs uniformes avant de cartographier leurs contenus spatiaux (amplitude, couleur), puis de les transformer en une information moins lourde. Plus la compression est forte, plus cette cartographie devient simpliste, et donc approximative. La transition entre les blocs est alors plus visible (Punchihewa et Bailey, *Artefacts in Image and Video Systems: Classification and Mitigation* 2002).

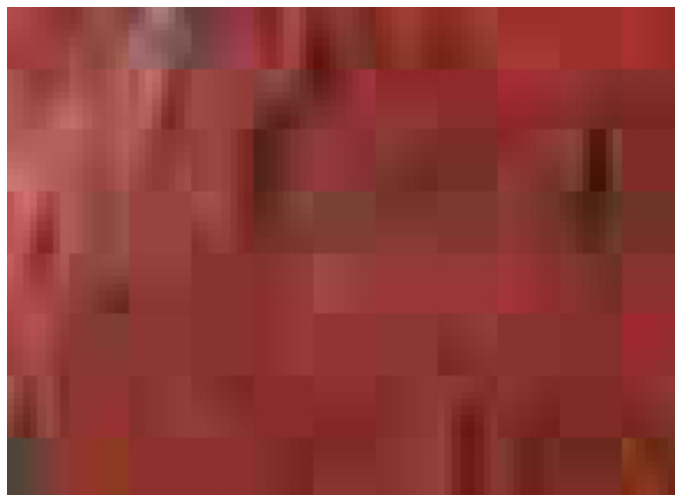


Figure 20: Effet de bloc important sur une portion d'image originellement très détaillée

- **L'effet de Flou (Bluriness) :**

Distorsion globale sur l'image entière, caractérisée par une réduction de finesse des bords et des détails spatiaux (ANSI 1996). Les algorithmes de compression d'image avec perte (JPEG, MPEG, etc.) transforment les valeurs de groupes (blocs) de pixels en une somme d'oscillations (DCT). Par la suite, la quantification consiste à simplifier cette somme d'oscillations pour la faire coïncider avec des schémas de sommes d'oscillations prédéfinie par l'algorithme. C'est cette opération qui fait perdre du poids à l'image

L'effet de flou intervient lors de fortes compressions. Schématiquement, plus la compression est forte, plus les oscillations de hautes fréquences sont annulées, et donc plus les blocs de pixels complexes à transformer en somme d'oscillations (comme les bordures nettes non droites) seront reproduites avec moins de précision (Punchihewa, Synthetic Test Patterns and Compression Artefact Distortion Metrics for Image Codecs 2009).



Figure 21 : Exemple de l'effet de flou. L'image d'origine est un rond gris sombre aux bords nets. L'image présente également des effets de bords, indiscociable de l'effet de flou.

- **L'effet de bord (ringing effect, edge busyness) :**

Distorsion globale sur l'image entière, caractérisée par l'apparitions de franges aberrantes entourant les bords fins. L'effet de bord est une autre conséquence de l'erreur de quantification, comme l'effet de flou. La traduction approximative en somme d'oscillations peut entrainer une montée du différentiel d'amplitude (contraste) aux abords des transitions net et contrastée de l'image.



Figure 22: Illustration particulière de l'effet de bord. Les oscillations aberrantes aux abords de l'étoile rouge aboutissent à une frange cyan: du rouge soustrait au blanc. (McLassus 2006)

- **Le bruit de moustique ou effet Gibbs (Mosquito Noise ou Gibbs effect) :**

Fourmillement autour des bords contrastés dans une séquence d'image. L'origine de l'effet Gibbs est encore aujourd'hui imprécise : sa ressemblance avec l'effet de bord porte à confusion. Le VIRIS (ITU 1996) le décrit comme une variante temporelle de l'effet de bord, Fenimore et al. (Fenimore, Libert et Roitman 2000) le conçoivent plutôt comme une conséquence directe de l'interpolation de mouvement des blocs de pixels dans un GOP (Group Of Picture) en MPEG, Yuen et Wu (Yuen et Wu 1998) comme une interaction des deux. L'effet Gibbs tient son nom du phénomène de Gibbs, déformation du signal dans une transformée de Fourier (à la base de la compression JPEG). En pratique, le phénomène de Gibbs appliqué au MPEG (ou au JPEG) caractériserait mieux l'effet de bord. Le nom plus trivial de bruit de moustique est préféré dans la littérature : le fourmillement autour des sujets peut faire penser à un essaim de moustique.



Figure 23 : Exemple du bruit de moustique sur une image très compressée

ARTÉFACTS ISSUS DE LA PROJECTION NUMÉRIQUE

- **Screen Tearing :**

Superposition de deux ou plusieurs images sur des partitions horizontales successives de l'image. Cet artefact provient d'un défaut de synchronisation entre la source d'émission de l'image (carte vidéo par exemple) et le dispositif d'affiche (écran, projecteur), le plus souvent due à une non concordance des taux de rafraîchissement entre carte vidéo et écran (Estrop et Ballantyne 2005). Il est particulièrement observable lorsque la vidéo est affichée en plein écran.

- **Saccade (Jerkiness) :**

Séquence d'image fluide perçue comme une succession d'instantanés. La saccade est principalement due à un goulot d'étranglement des données dans son acheminement. Le flux est trop important pour la mémoire du dispositif d'affichage, qui faute d'avoir pu afficher toutes les images, en répète certaines consécutivement.

- **L'effet de grille (Screen door effect, Fixed pattern noise) :**

Structure de la matrice d'affichage apparente. Lors d'une projection vidéo, si l'observateur est situé trop près de l'image, il risque d'apercevoir une grille superposée à l'image : l'espace entre

chaque pixel de la matrice d'affichage (LCD, DMD) est visible. Cet effet est fonction de la structure de la matrice, de la taille de la projection, de l'acuité de l'observateur ainsi que de la définition du dispositif.

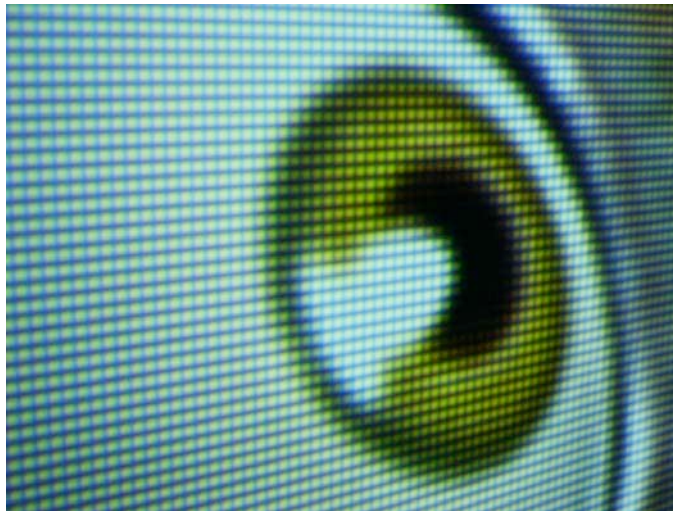


Figure 24: Exemple de l'effet de grille sur une portion très resserrée d'une image projetée (photographie prise de biais) (Careddu s.d.)

- **L'effet arc-en-ciel (Rainbow effect) :**

Trainée arc en ciel ou flashes colorée suivant des motifs contrastée en mouvement. Ce défaut est visible sur les projections réalisées au moyen d'un projecteur DLP muni d'une seule matrice DMD et d'une roue de filtre colorées. Les trois couches couleurs RVB d'une image ne sont plus reproduites simultanément mais successivement. Si l'observateur suit des motifs ou objets très contrastés et mouvants dans l'image, il est susceptible de voir une trainée de couleur arc en ciel ou des flashes colorés selon sa vitesse (Vogt 2005).

- **Défaut de convergence (alignment problem):**

Contours colorés. Il résulte d'un mauvais alignement des matrices LCD dans un écran (rare) ou un projecteur a plusieurs matrices.

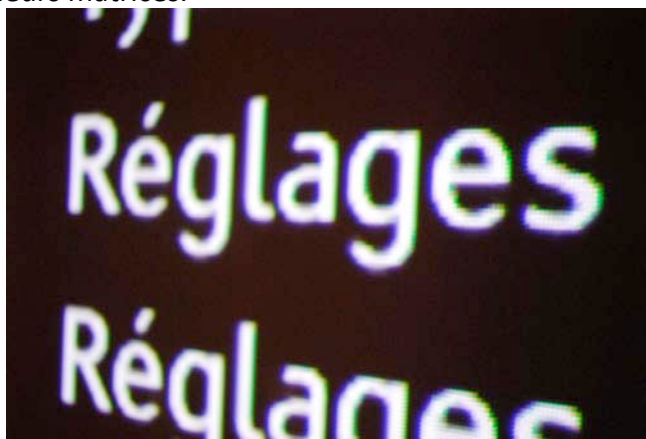


Figure 25 : Exemple de défaut de convergence en projection numérique (Aendymion 2010)

- **Papillotement ou scintillement (flicker, large area flicker) :**

Scintillement de l'image entière. Sur un écran CRT ou plasma, il est dû à une fréquence de rafraîchissement trop faible. Sur un écran LCD, le retro-éclairage fluorescent défectueux ou trop sombre peut présenter du scintillement.

- **Anamorphose (anamorphosis, anamorphic artifacts):**

Déformation de la géométrie de l'image. L'image vidéo n'est pas affichée au format d'origine. Les exemples les plus fréquents sont les vidéos au format 4/3 affichées en 16/9, et inversement puisque ce sont les deux formats broadcast (aux normes de diffusion télévisuelles). Certains systèmes d'affichage proposent de multiples formats portant à confusion.



Figure 26: Rond blanc sur fond noir. A droite, anamorphose dû au passage du 4/3 au 16/9, et à gauche, du 16/9 au 4/3

- **Défaut de rémanence (Motion blur, ghosting) et reverse ghosting :**

Image fantôme (de moindre intensité) suivant une image en mouvement. Les matrices LCD mettent un certain temps pour passer un pixel du noir au blanc (ou d'un gris vers un autre gris). C'est le temps de latence. Si ce temps est trop long, comme dans la technologie LCD, il peut résulter une image fantôme. L'image précédente s'affiche affaiblie et superposée sur l'image en cours.

Pour diminuer artificiellement les défauts de rémanences, certains constructeurs implémentent dans leurs écrans un circuit générant une image négative en lieu et place de l'image fantôme. Ceci doit permettre au pixel de changer plus rapidement d'état et ainsi annuler l'image fantôme. Cependant, il arrive que le réglage de ce circuit soit trop important face au temps de latence de la dalle LCD. Une image fantôme négative apparaît : le reverse ghost.



Figure 27: Un écran LCD montrant un fort défaut de rémanence (source: lesnumeriques.com)



Figure 28 : La correction du défaut de rémanence sur cet écran la rémanence elle-même. Une image fantôme négative suit l'image en mouvement. C'est le reverse ghosting. (source: lesnumeriques.com)

- **LE FAUX CONTOUR (FALSE CONTOUR):**

Similaire au banding. Certains écrans et projecteurs peuvent présenter des limites à reproduire un signal vidéo 8bits. En raison d'une mémoire vidéo trop faible, des caractéristiques physiques de la dalle, ou du pilote d'affichage, une réduction de la profondeur de codage est opérée (Daly et Feng 2004). Les réglages de netteté, de contrastes ou de couleurs du dispositif d'affichage sont susceptibles de rendre les faux contours plus visibles.

BIBLIOGRAPHIE

- Zacabeb. "Hanoverbars without PAL delay." Wikipedia. Mai 15, 2009. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Hanoverbars_without_PAL_delay.png (accessed Juin 12, 2010).
- Watkinson, J. "The Engineer's Guide to Motion Compensation." (Snell & Wilcox) 1994.
- Yuen, Michael, and H.R. Wu. "A survey of hybrid MC/DPCM/DCT video coding distortions." *Signal Processing* 70 (1998) 247—278, Juillet 30, 1998: 32.
- Vitale, T. *Resolution and Fundamental Film Particles*. 2007.
- Vogt, Justin. "The Abdication of CRT Technology to its Successor: Digital Light Processing." Edited by Georgia Institute of Technology. Atlanta, Georgie, Avril 4, 2005.
- Aendymion. "Epson EH-TW4400 : videoprojecteur 1080p." forum homecinema. Juillet 7, 2010. <http://www.homecinema-fr.com/forum/viewtopic.php?f=1255&t=29920210&start=525> (accessed Juillet 20, 2010).
- ANSI. American National Standard for Telecommunications - Digital Transport of Video Teleconferencing/Video Telephony Signals - Performance Terms, Definitions, and Examples. American National Standards Institute, 1996.
- Antonellis, Darcy, and al. Motion picture anti-piracy coding. United State Patent Patent 7206409. Sep 2003, 2003.
- Bellaïche, P. *Les secrets de l'image vidéo*. 7e édition. Paris: Eyrolles, 2008.
- Bouillot, R. *Cours de traitement numérique de l'image*. Paris: Dunod, 2005.
- BRAVA. The Brava broadcast archive programme impairments dictionary. 2000-2002. http://brava.ina.fr/brava_public_impairments_list.en.html (accessed May 2, 2010).
- Careddu, Franck. "L'effet "screendoor" Screenshot 1 : Age de Glace - Scrat - photo de 2m34 prise à 20cm." <http://franckhc.free.fr/comparoScreendor.htm>. (accessed Aout 10, 2010).
- Edwin, J. Paul. *Broadcast engineer's reference book*. Focal Press, 2004.
- Emerson, Jim. Spots before your eyes! 2009. http://blogs.suntimes.com/scanners/2009/01/spots_before_your_eyes.html (accessed Juin 10, 2010).
- Estrop, Stephen J., and Joseph C. Ballantyne. Rendering Tear Free Video. Patent US2005/0128165A1. Juin 16, 2005.
- Daly, Scott J., and Xiaofan Feng. "Decontouring: prevention and removal of false contour artifacts." *Proc. SPIE Int. Soc. Opt. SPIE*, 2004. 130-149.
- Demtschyna, M. Colour bleeding. <http://www.michaeldvd.com.au/Articles/VideoArtefacts/VideoArtefactsColourBleeding.html> (accessed Mai 2010, 26).
- Fenimore, C., J. Libert, and P. Roitman. "Mosquito noise in MPEG-compressed video: test patterns and metrics." (National Institute of Standards and Technology) 2000.
- GTH Electronics. Colour Bleed. 1997. <http://www.gthelectronics.com/cobleed.htm> (accessed Aout 2010, 2010).
- Intersil. "LCD screens don't flicker - or do they?" Septembre 26, 2005.
- ITU. ITU-T Recommendation P.930, Principles of a reference impairment system for video. ITU, 1996.
- Horvath, D. G. "The Acetate Negative Survey." Edited by Ekstrom Library. (University of Louisville) Fevrier 1987.
- Kokaram, A. chapter 9 : line scratch detection and removal. <http://www.mee.tcd.ie/~ack/cd/lines/lines.htm#star> (accessed Aout 10, 2010).
- Kokaram, A. "On Missing Data Treatment for Degraded Video and Film Archives: A Survey and a New Bayesian Approach." (*IEEE*) 13, no. 3 (2004).

- McClassus, Roger. "A red asterisk heavily distorted by Jpeg-artefacts." Wikipedia. Janvier 31, 2006. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Asterisk_with_jpg-artefacts.png (accessed Juillet 12, 2010).
- Mikus. "An example of interlaced video showing a wheel of a moving car." Wikipedia. Juin 24, 2008. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Interlaced_video_frame_%28car_wheel%29.jpg (accessed Mai 15, 2010).
- Punchihewa, A. "Synthetic Test Patterns and Compression Artefact Distortion Metrics for Image Codecs." Palmerston North: Massey University, 2009. 2009.
- Punchihewa, A., and D. Bailey. "Artefacts in Image and Video Systems: Classification and Mitigation." Institute of Information Sciences & Technology, Massey University, 2002.
- Scientific Volume Imaging. "Antialiasing." <http://www.svi.nl/AntiAliasing> (accessed Juillet 22, 2010).
- SMPTE. "SMPTE STANDARD for Motion Picture Film: 35- and 16-mm Television Release Prints - Leaders and Cue Marks." SMPTE 55-2000. White Plains, NY: Society of Motion Picture and Television Engineers, 2000.
- "STANDARD for Motion-Picture Film: Theater Projection Leader, Trailer and Cue Marks." SMPTE 301M-1999. White Plains, NY: Society of Motion Picture and Television Engineers, 1999.
- Read Paul, Meyer Mark-Paul. Restoration of motion picture film. Butterworth-Heinemann, 2000.
- Reilly, J. "IPI Storage Guide for Acetate Film." Edited by Image Permanence Institute. 1993.
- Ricnun. "Example of Composite Video artefacts." Wikipedia. 2010. http://en.wikipedia.org/wiki/Dot_crawl (accessed Juillet 25, 2010).
- Rtbvhsrip. analog vhs tape damage / tracking errors example - uncorrectable by tbc. 2008. <http://www.youtube.com/watch?v=nm6qzQGTBPc> (accessed Juillet 2, 2010).

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: Grain film prononcé sur un film noir et blanc.....	5
Figure 2: Film noir et blanc positif très rayé coté support (Kokaram, chapter 9 : line scratch detection and removal s.d.).....	6
Figure 3: Repère de changement de plan en haut à droite de l'image (Capture d'écran de "Lured" de Douglas Sirk, version Kino)	6
Figure 4: Collure fait à la colle special film (Capture d'écran de "Yoidore tenshi" de Kurosawa, version BFI - Region 2 – PAL)	7
Figure 5: Le CAP code est ici present en haut au milieu de l'image (Emerson 2009).....	7
Figure 6 : (Kokaram, On Missing Data Treatment for Degraded Video and Film Archives: A Survey and a New Bayesian Approach 2004)	8
Figure 7: le vieillissement des colorants dans ce film a désaturé les couleurs et fait virer les couleurs vers le magenta	9
Figure 8: Exemple d'aliasing. Les murs en brique sont reproduits avec un fort moirage. (Scientific Volume Imaging s.d.).....	10
Figure 9: Exemple de renforcement exagéré de la netteté. A gauche l'image d'origine, à droite l'image renforcée.....	11
Figure 10: Le rouge du pull déteint sur le fond blanc (Capture d'écran du DVD « Classic Albums Series 2: Phil Collins-Face Value » 18:20) (Demtschyna s.d.)	11
Figure 11: Le motif en stries de la cravate laisse place à un dégradé de couleurs aberrantes dans ce film noir et blanc numérisé (Capture d'écran de "Lured" de Douglas Sirk, version Kino)	12
Figure 12: fortes stries aberrantes autour des boutons jaunes sur fond gris-bleu (Ricnun 2010) ...	12
Figure 13: illustration des persiennes sur le détail d'une mire (Zacabeb 2009).....	13
Figure 14: Exemple de drop-out dans un enregistrement en Betacam analogique (Kokaram, On Missing Data Treatment for Degraded Video and Film Archives: A Survey and a New Bayesian Approach 2004)	13
Figure 15: Exemple d'une perte de code temporel sur une vieille VHS (Rtbvhsrip 2008).....	14
Figure 16: Dégradé de vert. L'image de droite est codée en 8bits par couleur, l'image de gauche en 4 bits par couleur.....	14
Figure 17: Exemple de Drop-out numérique sur un enregistrement au format D1 (Kokaram, On Missing Data Treatment for Degraded Video and Film Archives: A Survey and a New Bayesian Approach 2004)	15
Figure 18: Illustration du bruit dans trois plages de gris différentes.....	15
Figure 19: stries verticales caractéristique d'un désentrelacement par superposition des trames (Mikus 2008).....	16
Figure 20: Effet de bloc important sur une portion d'image originellement très détaillée.....	16
Figure 21 : Exemple de l'effet de flou. L'image d'origine est un rond gris sombre aux bords nets. L'image présente également des effets de bords, indiscociable de l'effet de flou.	17
Figure 22: Illustration particulière de l'effet de bord. Les oscillations aberrantes aux abords de l'étoile rouge aboutissent à une frange cyan: du rouge soustrait au blanc. (McLassus 2006) .	17
Figure 23 : Exemple du bruit de moustique sur une image très compressée	18
Figure 24: Exemple de l'effet de grille sur une portion très resserré d'une image projetée (photographie prise de biais) (Careddu s.d.)	19
Figure 25 : Exemple de défaut de convergence en projection numérique (Aendymion 2010).....	19
Figure 26: Rond blanc sur fond noir. A droite, anamorphose dû au passage du 4/3 au 16/9, et à gauche, du 16/9 au 4/3	20
Figure 27: Un écran LCD montrant un fort défaut de rémanence (source: lesnumeriques.com)....	20

Figure 28 : La correction du défaut de rémanence surpasse sur cet écran la rémanence elle-même.
Une image fantôme négative suit l'image en mouvement. C'est le reverse ghosting. (source:
lesnumeriques.com) 21