



HAL
open science

Prédiction objective des différences de qualité perceptuelles entre un écran CRT et un écran LCD en TVHD

Sylvain Tourancheau, Mathieu Carnec, Stéphane Péchard, Patrick Le Callet, Dominique Barba

► **To cite this version:**

Sylvain Tourancheau, Mathieu Carnec, Stéphane Péchard, Patrick Le Callet, Dominique Barba. Prédiction objective des différences de qualité perceptuelles entre un écran CRT et un écran LCD en TVHD. Compression et Représentation des Signaux Audiovisuels, CORESA2006, Nov 2006, Caen, France. pp.266-271. hal-00256037

HAL Id: hal-00256037

<https://hal.science/hal-00256037v1>

Submitted on 14 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Prédiction objective des différences de qualité perceptuelles entre un écran CRT et un écran LCD en TVHD

Sylvain Tourancheau, Mathieu Carnec, Stéphane Péchard, Patrick Le Callet, Dominique Barba

IRCCyN - Équipe Image Vidéo Communications

École polytechnique de l'université de Nantes
Rue Christian Pauc, BP 50609, 44306 Nantes Cedex 3

{[prenom].[nom]}@univ-nantes.fr

Résumé

Cet article présente la technologie LCD et son impact sur la télévision haute définition. Des tests subjectifs mettant en jeu des observateurs humains sont décrits. Ces tests montrent que la qualité d'image perçue est plus importante sur écran CRT que sur écran LCD. Cette différence de qualité peut s'expliquer par un défaut lié à la technologie LCD : le flou de mouvement. Cet article présente les causes de ce défaut et un modèle mathématique permettant de l'estimer. Une corrélation entre l'importance du flou de mouvement et la différence de qualité entre écrans CRT et LCD est démontrée. Cette corrélation permet de prédire la baisse de qualité due à un écran LCD (par rapport à un écran CRT) en fonction des séquences qu'il affiche.

Mots clefs

LCD, TVHD, flou de mouvement, qualité, tests subjectifs.

1 Introduction

A l'heure où la TVHD s'apprête à être déployée en Europe, de nouvelles technologies d'affichage font leur apparition (LCD et plasma) et la technologie jusqu'ici employée (CRT) tend à disparaître. La technologie LCD semble plus prometteuse étant donné les difficultés rencontrées pour construire des écrans plasma avec un nombre important de pixels. Mais ces écrans LCD souffrent de nombreux défauts d'affichage. En particulier, un flou dû au mouvement gêne l'utilisateur qui perçoit alors les images comme ayant une qualité inférieure à celles qui seraient affichées sur une technologie CRT.

Cet article présente les différences fondamentales entre la télévision standard de la TVHD, ainsi qu'entre les écrans CRT et les écrans LCD. Un modèle permettant d'estimer le flou de mouvement est proposé. Des tests subjectifs d'évaluation de qualité sont décrits. Ces tests montrent une différence entre la qualité perçue avec un écran CRT et celle perçue avec un écran LCD. La corrélation entre l'importance du flou de mouvement et cette différence de qualité est mise en évidence.

2 Télévision haute définition et nouveaux écrans

2.1 De la définition standard à la haute définition

La télévision a toujours souffert d'un manque de profondeur et d'immersion par comparaison au cinéma. Des tests subjectifs datant du début des années 1980 [1, 2] ont montré que la distance optimale d'observation d'images en mouvement est d'environ trois fois la hauteur de l'écran. L'angle de vue correspondant est tel que l'immersion et la sensation de profondeur sont accrues.

Cependant à cette distance d'observation et avec une résolution standard, le balayage de lignes du téléviseur devient perceptible et nuit grandement au confort de visualisation et à la qualité des images affichées. La solution développée pour produire l'effet psychologique recherché fut donc d'agrandir la taille des écrans, tout en augmentant de manière importante la résolution des contenus diffusés.

2.2 Formats haute définition

La télévision haute définition (TVHD) est actuellement exploitée en deux formats : 1920×1080 en mode entrelacé et 1280×720 en mode progressif. Ces deux formats utilisent la compression MPEG-2 : c'est la TVHD première génération.

La TVHD seconde génération est en cours de développement et utilise les mêmes résolutions mais avec une compression de type H.264/MPEG-4 AVC dans le but de diminuer le débit de diffusion. Les métriques de qualité dédiées à la TVHD devront donc s'adapter à ce schéma de codage.

Enfin, la troisième génération de TVHD devrait utiliser la résolution 1920×1080 en mode progressif. Elle n'est pas encore disponible car il existe encore peu de matériel de capture à cette résolution étant donné les investissements importants consacrés aux première et seconde générations.

2.3 Nouveaux écrans

La TVHD a été développée de manière à ce que l'utilisateur final puisse éprouver des sensations proches de celles vécues durant une projection cinématographique. L'augmentation de la résolution des images doit donc être associée à une augmentation de l'angle de vision pour atteindre une valeur approchant 30 degrés horizontalement par 20 degrés verticalement, ce qui représente 25% du champ visuel. La distance à l'écran est alors $D = 3H$, H étant la hauteur de l'écran. Il convient donc d'augmenter considérablement la taille des téléviseurs, ne serait-ce que pour que plusieurs personnes puissent se placer à la distance de $3H$ sans problème.

L'écran CRT, avec plus de quatre-vingts ans d'existence, est une technologie mature et parfaitement adaptée à l'affichage de contenus télévisuels. Cependant, ce type d'écran devient lourd et très encombrant au-delà d'une certaine taille. De nouveaux types de téléviseurs ont donc fait peu à peu leur apparition et leurs qualités en terme de taille, d'encombrement, de design, de consommation électrique et de prix devraient leur permettre de supplanter totalement les écrans CRT dans les années à venir. Parmi toutes ces nouvelles technologies, c'est l'écran à cristaux liquides (LCD pour *Liquid Crystal Display*) qui semble promis au plus bel avenir.

Cependant, si la technologie LCD est déjà mature concernant l'affichage d'images fixes ou avec peu de mouvements, il reste de nombreux efforts à faire pour l'affichage de séquences vidéos. A ce titre, les écrans LCD ne peuvent être considérés comme une technologie pleinement adaptée à la télévision et leur comportement doit encore être étudié et modifié en vue d'égaliser un jour la qualité d'affichage d'un écran CRT.

Des tests subjectifs ont été menés courant 2005 sur un panel de 36 observateurs (experts du domaine de la diffusion) dans le but de comparer la qualité d'affichage entre un écran CRT et un écran LCD [3]. Ces tests ont montré que, dans l'ensemble, la majorité des observateurs ont jugé la qualité des images affichées sur LCD inférieure à celle des images affichées sur CRT. De nombreux défauts ont par ailleurs été recensés par les utilisateurs. Le flou de mouvement, en dépit de récentes améliorations, reste le plus gênant pour les séquences comportant des mouvements assez rapides. C'est pourquoi nous avons choisi d'axer notre étude principalement sur cette dégradation.

D'autres défauts ont été remarqués par les observateurs. En premier lieu, l'écran LCD semble avoir des difficultés à représenter les faibles luminances. Les régions sombres paraissent plus lumineuses que sur un écran CRT. Des différences de couleur ont également été relevées, notamment concernant la couleur de peau. Globalement, les images affichées paraissent plus naturelles sur les écrans CRT. Sur LCD, elles paraissent plates, trop nettes et sans profondeur. Parmi tous ces défauts, les observateurs ont surtout été gênés par le flou de mouvement.

Il est donc nécessaire de concevoir des post/pré-traitements

afin d'améliorer la qualité de l'image affichée en termes de reproduction des couleurs et du mouvement. Parallèlement, il faut également évaluer l'impact des différents défauts dus à l'écran sur la qualité des images perçues par l'utilisateur final.

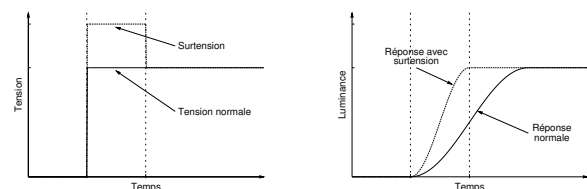
3 Le flou de mouvement sur LCD

Sur un écran LCD, la mise à jour de la valeur de chaque pixel se fait progressivement, pixel par pixel, ligne par ligne. A chaque instant, on a donc une image constituée d'une partie de l'image précédente et d'une partie de l'image actuelle, la frontière entre les deux se déplaçant sur l'écran progressivement. Cette frontière sera d'autant plus gênante que le temps de réponse d'un pixel sera long. En outre, le flou de mouvement (en anglais *motion blur*) est causé par la réponse de l'écran LCD, qui n'est pas de type impulsionnel comme sur les écrans CRT. Cette réponse est une combinaison entre la réaction lente des cristaux liquides composant l'écran, et le comportement de type *sample and hold* de celui-ci. Sur ce type d'affichage, la luminance d'un pixel est constante (une fois la valeur atteinte) durant toute la durée d'une image.

3.1 Temps de réponse

Le temps de réponse est une caractéristique importante des écrans LCD. Pendant l'affichage d'une source progressive cadencée à 50 images par seconde, la durée d'affichage de l'image est de 20 ms, il est donc nécessaire d'avoir un temps de réponse faible par rapport à cette durée si l'on veut que l'image soit affichée correctement. Les premiers écrans LCD, dont le temps de réponse gris-à-gris moyen se situait entre 20 ms et 30 ms, ne satisfaisaient pas à cette règle, d'où un effet de rémanence très gênant particulièrement pour l'affichage d'images en mouvement. Pour corriger ce défaut, les dernières générations d'écrans à cristaux liquides sont équipés de systèmes de compensation du temps de réponse, ce qui leur permet d'atteindre des temps de réponse gris-à-gris moyens de l'ordre de 10 ms.

Cette compensation est réalisée en appliquant une surtension (resp. une soustension) à la tension de commande du pixel dans le cas d'une augmentation (resp. une diminution) de la luminosité [4]. La figure 1 illustre ce principe.



(a) Tension de commande.

(b) Luminosité associée.

Figure 1 – Compensation du temps de réponse par application d'une surtension.

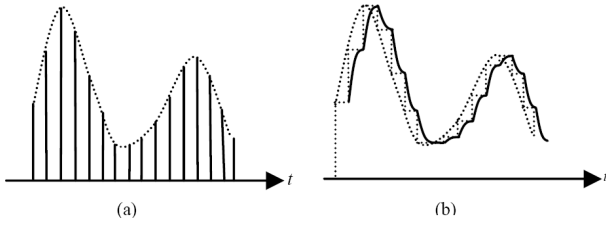


Figure 2 – Evolution temporelle d'un pixel sur un écran CRT (a) et sur un écran LCD (b).

3.2 Affichage par maintien

En dépit de ces améliorations récentes et efficaces, le flou de mouvement demeure un problème important, même sur les écrans dont les temps de réponse sont les plus faibles. En effet, la part la plus importante du flou de mouvement est causée par la nature même de l'affichage du LCD. Sur ce type d'écrans, la lumière émise est maintenue durant toute la durée d'une image, on parle alors d'affichage par maintien (en anglais *hold-type display*). Cet affichage est fondamentalement différent de celui des écrans CRT, constitué d'impulsions, pour lesquels chaque pixel est affiché durant une très faible période (cf. figure 2) [5]. La perception du flou de mouvement s'explique alors par le comportement du système visuel humain.

Considérons l'affichage d'une séquence sur un écran LCD. Pendant la durée d'affichage d'une image, celle-ci est maintenue à l'écran. Les objets en mouvement contenus dans la séquence sont donc immobiles durant ce laps de temps. Cependant, l'œil de l'observateur continue à se déplacer à la vitesse de l'objet, anticipant de cette manière son déplacement dans l'image suivante. Les contours de l'objet sont donc intégrés temporellement par l'œil alors même qu'ils se déplacent sur la rétine (si on se place dans un référentiel rétinien). Ces contours sont donc perçus de manière floue par l'observateur, exactement de la même manière qu'un cliché photographique se révélera flou si l'appareil a bougé durant le temps d'ouverture de l'obturateur.

3.3 Modélisation et tests psychophysiques

Une modélisation mathématique du flou de mouvement sur écran LCD a été réalisée par Pan *et al* [6]. Ce modèle dépend du type de fonction de reconstruction temporelle de l'écran, i.e. de la réponse indicielle d'un pixel. L'extension d'un flou engendré par le déplacement d'un contour peut donc être mesurée pour différents types de réponse. Dans le cas d'une réponse de type sinusoïdal¹, qui constitue une bonne approximation de la réalité, cette extension L s'exprime en pixels, en fonction de la vitesse V du déplacement en pixels par image :

$$L = aV, \quad \text{avec } a = 1.044. \quad (1)$$

¹ $h(t) = \sin(\frac{\pi}{2T}t), \quad 0 \leq t \leq T.$

Dans le but de valider ce modèle, nous avons décidé d'effectuer des tests psychophysiques durant lesquels les observateurs devaient mesurer précisément l'extension du flou de mouvement engendré par le déplacement d'une série de barres horizontales ou verticales. Le protocole original de cette expérience a permis d'obtenir des résultats stables avec un intervalle de confiance réduit [7]. Un ajustement linéaire de nos résultats nous a conduit à la relation suivante :

$$L = aV, \quad \text{avec } a = 1.038. \quad (2)$$

Ces résultats subjectifs sont donc très proches de ceux prédits par le modèle de Pan. Par ailleurs, le coefficient de corrélation entre le modèle et nos résultats est de 0.9987.

4 Evaluation subjective de la qualité sur CRT et sur LCD

Afin de pouvoir comparer la qualité perçue sur un écran CRT avec celle perçue sur un écran LCD, des tests psychovisuels de qualité ont été mis en place. Au cours de ces tests, des séquences HD sont présentées aux observateurs. Différents niveaux de dégradations sont utilisés, couvrant la gamme de qualité recherchée. Le même test a été réalisé sur un écran CRT tout d'abord, puis sur un écran LCD dans un deuxième temps.

4.1 Conditions

Les tests ont été réalisés dans une pièce spécifique. Les conditions de lumière, les paramètres d'affichage et la distance d'observation ont été mesurés et ajustés suivant les recommandations de l'ITU [8, 9].

Les écrans TVHD utilisés étaient un JVC DT-V 1910CG et un Philips T370HW01. Ces deux écrans peuvent afficher le format 1080i. Le premier est un écran CRT de hauteur d'image H égale à 20,5 cm. Ainsi, l'observateur doit se tenir à environ 61,5 cm. Le second est un écran LCD de hauteur 46 cm, donc de distance d'observation de 138 cm. Les séquences non compressées 1080i sont jouées avec un lecteur Doremi V1-UHD.

4.2 Séquences

Les quatre séquences utilisées proviennent des tests du SVT [10], disponibles sur internet. Chaque séquence est constituée de 250 images, pour une durée de 10 secondes. Chaque contenu est dégradé par compression H.264. Pour cela, le codec de référence est utilisé [11]. Sept débits de compression différents ont été produits par séquence. Ces débits ont été définis par des observateurs experts (les auteurs de cet article). Ils sont présentés dans le tableau 1. Les gammes de débit différent d'un contenu à l'autre, ceci est dû aux différences de contenu.

4.3 Observateurs

Avant son premier test, chaque observateur a passé des tests d'acuité et de détection de daltonisme. L'acuité est testée

Séquence	Débit HD (Mbps)
New Mobile & Calendar	2,25 ; 2,5 ; 3,15 ; 4 ; 5 ; 7 ; 10
Parkrun	8 ; 12 ; 16 ; 18 ; 20 ; 24 ; 28
Knightshields	2,25 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8
Stockholm Pan	1,625 ; 1,875 ; 2,25 ; 3 ; 3,6 ; 4 ; 6

Tableau 1 – Débits choisis pour les séquences HD.

grâce aux planches de Monoyer [12]. Les déficiences chromatiques sont détectées grâce au test d'Ishihara [13]. Les candidats ayant au moins une erreur au test d'Ishihara ou moins de neuf sur dix au test de Monoyer sont rejetés. Pour ces tests, 21 personnes ont été retenues, alors que 15 sont recommandées [8]. Ces observateurs ont une moyenne d'âge de 25 ans et sont majoritairement étudiants. Tous ont l'habitude de la télévision standard et du cinéma mais pas de la TVHD.

4.4 Protocole

L'évaluation nécessitait une construction précise du jugement des observateurs. Des différences de qualité très faibles devaient être détectées, la méthode d'évaluation doit donc forcer à la discrimination. À l'heure actuelle, la méthode la plus performante est la méthode SAMVIQ [14], développée par France Télécom R&D et standardisée par l'Union européenne de radio-télévision (EBU).

SAMVIQ (pour *Subjective assessment methodology for video quality*) est une méthode d'évaluation de stimuli multiples et à échelle de qualité continue. Avec cette méthode, l'observateur choisit l'ordre dans lequel il visionne les séquences et peut suivre son propre rythme pour l'évaluation, la modification des notes et la répétition des séquences. Le nombre de visionnage pour chaque séquence n'est pas limité. Les observateurs comparent ainsi les séquences (séquences dégradées et séquence de référence cachée) entre elles et avec la référence explicite, ce qui permet une mesure précise de la qualité de chaque séquence. La consistance des résultats est évaluée après l'ensemble des tests. Cela est réalisé en appliquant une technique normalisée par l'ITU afin de rejeter les éventuels observateurs incohérents. Suivant les séquences, entre 15 et 19 personnes ont été gardées par ce critère.

4.5 Résultats

Les figures 3 et 4 présentent le MOS (pour *mean opinion score*), c'est-à-dire la moyenne des évaluations en fonction du débit. La séquence Parkrun n'est pas tracée car la gamme de débit est si grande qu'elle écrase les trois autres. La corrélation entre les notes sur CRT et celles sur LCD est représentée figure 5, le coefficient de corrélation linéaire est de $r_1 = 0.9386$. Outre le fait que les deux séries soient assez bien corrélées, on remarque sur ce graphe la différence entre les notes de qualité sur CRT et celles sur LCD. Cette différence de qualité, que l'on notera par la suite ΔMOS , est en faveur du CRT. Autrement dit, les notes de qualités attribuées aux séquences lorsqu'elles sont

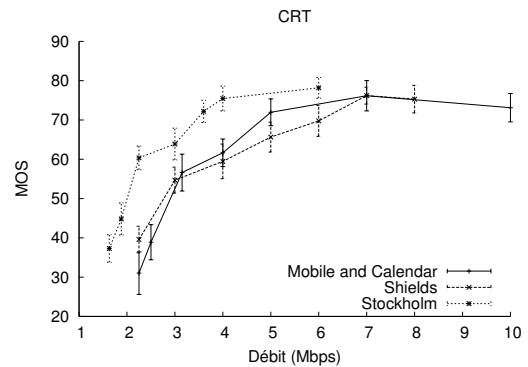


Figure 3 – Courbes débit-qualité sur écran CRT.

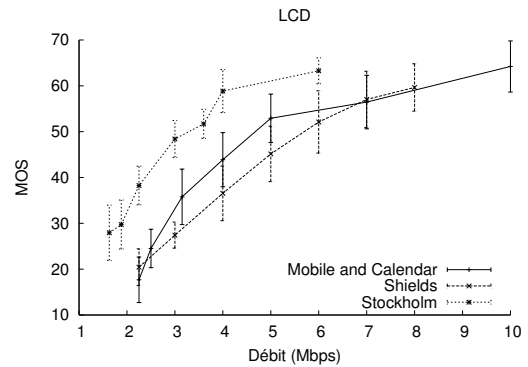


Figure 4 – Courbes débit-qualité sur écran LCD.

affichées sur CRT sont meilleures que celles attribuées aux séquences lorsqu'elles sont affichées sur LCD. Cette différence peut être quantifiée en calculant la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne entre les deux séries. On trouve $RMSE_1 = 14.55$.

5 Prédiction de la différence de qualité subjective entre écrans CRT et LCD

Afin d'expliquer la différence ΔMOS entre les notes subjectives mesurées avec l'écran CRT et celles mesurées avec l'écran LCD, nous avons étudié l'importance du flou de mouvement dans les séquences utilisées. Pour cela, nous avons estimé le mouvement de chaque bloc 16×16 pixels de l'image, classé ces blocs en fonction de leur contenu (contour ou non) et déterminé, grâce à notre modèle du flou de mouvement, l'importance de ce défaut pour chaque vidéo.

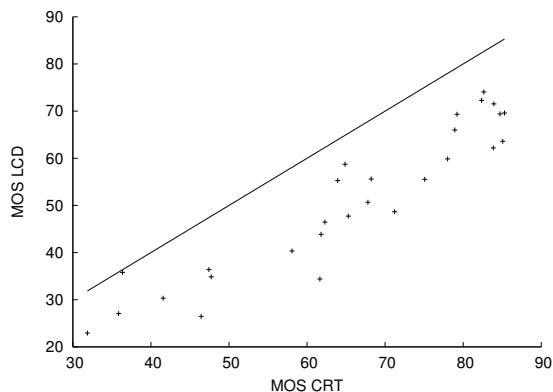


Figure 5 – Corrélation entre les notes subjectives de qualité sur écran CRT (MOS_{CRT}) et celles sur écran LCD (MOS_{LCD}).

5.1 Estimation de mouvement

Le mouvement est estimé en calculant des vecteurs de déplacement par une approche multirésolution. Puisque les vidéos utilisées sont entrelacées, l'estimation de mouvement porte sur chaque trame. Pour cela, les deux trames (trame des lignes paires et trame des lignes impaires) sont extraites de l'image entrelacée. Puis, chaque bloc de taille 16×8 pixels en pleine résolution (correspondant à une taille d'affichage de 16×16 pixels) d'une trame est simultanément comparé aux blocs de même taille des deux trames précédentes et des deux trames suivantes. La comparaison entre deux blocs est du type *block matching*, utilise l'erreur quadratique entre ces deux blocs et ne prend en compte que des trames de même parité. Dans les deux trames précédentes et les deux trames suivantes, la recherche est exhaustive à l'intérieur d'une fenêtre de taille suffisamment grande (déterminée empiriquement) pour couvrir le déplacement de l'objet le plus rapide de la séquence vidéo.

Lorsque les vecteurs de mouvement ont été déterminés pour chaque bloc 16×8 pixels de chaque trame, ils sont fusionnés afin d'obtenir un vecteur de mouvement pour chaque bloc 16×16 pixels de l'image entrelacée.

Cette estimation de mouvement donne des résultats robustes grâce à la comparaison simultanée d'un bloc avec ses quatre positions potentielles (dans les deux trames précédentes et dans les deux trames suivantes). L'approche multirésolution ne sert qu'à accélérer les calculs.

De plus, chaque bloc d'un ensemble de cinq images consécutives (correspondant à 200 ms, c'est-à-dire à la durée de fixation moyenne entre deux saccades oculaires) est classé en tant que « contour » ou « non contour » en mesurant les amplitudes des gradients horizontaux, verticaux et diagonaux.

5.2 Indicateur de flou et ΔMOS

Nous cherchons à obtenir un bon indicateur de la quantité de flou de mouvement présent dans chacune des 28 séquences à notre disposition. Les tests psychophysiques réalisés sur le flou de mouvement [7] avaient montré que la direction du mouvement n'influait pas la quantité de flou perçue. Par conséquent, nous nous intéressons uniquement au module des vecteurs de mouvement estimés. De plus, il a été montré que le flou de mouvement est moins perceptible en dessous d'un certain contraste [15], nous avons donc choisi de ne considérer que les vecteurs de déplacement des blocs classés « contour ».

Pour chacune des séquences (référence et dégradées), nous disposons d'un vecteur de mouvement par bloc de 16×16 pixels classé « contour », et par ensemble de cinq images consécutives. Pour chacun de ces ensembles de cinq images, nous construisons des régions en associant les blocs dont les vecteurs de mouvement sont très proches. Nous calculons ensuite un vecteur de mouvement moyen pour chaque région. Nous sélectionnons enfin le vecteur de mouvement ayant le module le plus grand sur l'ensemble des régions, en excluant les régions de taille inférieure à 0.5% de l'image (environ 100×100 pixels). Ce module maximal est ensuite transformé en indicateur de la quantité de flou de mouvement à l'aide de la relation linéaire donnée précédemment (cf. equation 2). Ceci revient à considérer que c'est le flou le plus important qui crée la gêne subjective dominante. Nous obtenons donc un indicateur de flou pour chaque ensemble de cinq images successives. Ces indicateurs sont ensuite moyennés temporellement sur l'ensemble de la séquence afin de produire un indicateur global I de la quantité de flou de mouvement pour chaque séquence.

Cet indicateur I est ensuite utilisé dans la relation linéaire suivante afin de prédire la perte de qualité ΔMOS constatée entre CRT et LCD :

$$MOS_{LCD, \text{corrigé}} = MOS_{CRT} - (aI + b), \quad (3)$$

avec

$$a = 2.306 \quad \text{et} \\ b = -4.450$$

(valeurs déterminés empiriquement).

5.3 Résultats

La figure 6 présente la corrélation entre les notes LCD corrigées à partir des notes CRT et les notes LCD obtenues grâce à nos tests subjectifs. Le coefficient de corrélation linéaire est $r_2 = 0.9467$, la corrélation entre les deux séries est donc légèrement améliorée par notre prédiction. De plus, la différence entre les deux séries de notes a été fortement diminuée, comme le confirme le calcul de la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne : $RMSE_2 = 5.85$. Nous avons donc mis en évidence une corrélation certaine entre un indicateur du flou de mouvement dans une séquence vidéo et la différence entre la qualité de cette

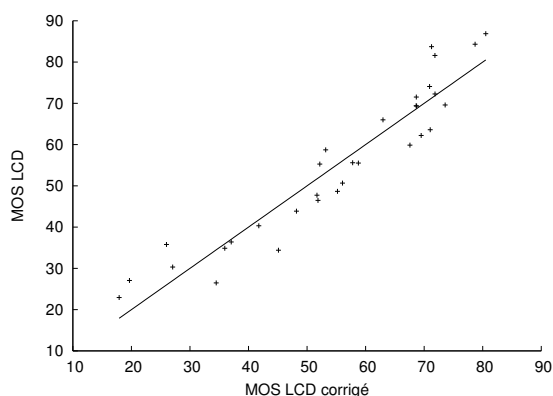


Figure 6 – Corrélation entre les notes subjectives de qualité sur écran LCD (MOS LCD) et les notes LCD prédites (MOS LCD corrigé) à partir des notes de qualité sur écran CRT.

séquence, évaluée subjectivement, sur un écran CRT et la qualité de cette séquence, évaluée subjectivement, sur un écran LCD. La relation 3 permet donc de corriger l'écart entre les notes CRT et les notes LCD. Elle permet par ailleurs de mettre en évidence l'influence du flou de mouvement sur la perte de qualité due au codage, autrement dit de mesurer l'impact de la technologie LCD sur le nouveau service qu'est la TVHD.

6 Conclusion

Le déploiement annoncé de la TVHD en Europe devrait provoquer la disparition des téléviseurs CRT en faveur des nouvelles technologies d'affichage telles que les écrans LCD. Néanmoins, ces derniers sont encore loin d'égaliser les performances des écrans CRT, notamment concernant la reproduction des mouvements.

Dans cet article, les causes du flou de mouvement sont étudiées. Un modèle mathématique, conforté par des tests psychophysiques, montre qu'il dépend linéairement de la vitesse de déplacement des objets en mouvement.

Des tests subjectifs d'évaluation de la qualité ont permis de mettre en évidence une différence importante entre la qualité perçue sur un écran CRT et celle perçue sur un écran LCD. Un indicateur de la quantité de flou de mouvement dans une séquence donnée est construit à partir des vecteurs de mouvement inter-images de cette séquence. Une grande corrélation existe entre cet indicateur et la baisse de qualité observée.

L'influence des écrans LCD, ou tout au moins du flou de mouvement engendré par ces écrans, sur la qualité des images perçues par l'utilisateur final est donc évaluable par cette méthode.

Références

- [1] Takashi Fujio. Future broadcasting and high definition television. Technical report, NHK, June 1982.
- [2] Ichiro Yuyama et Tetsuo Mitsuhashi. Fundamental requirements for high-definition television systems. NHK technical monograph, NHK, June 1982.
- [3] ITU. Report on results of comparative subjective picture quality assessment test between CRT and LCD. Questions ITU-R 95/6, 102/6, ITU - Radiocommunication Study Groups, August 2005.
- [4] Richard I. McCartney. A liquid crystal display response time compensation feature integrated into an LCD panel timing controller. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 34(1) :1350–1353, May 2003.
- [5] Taiichiro Kurita. Moving picture quality improvement for hold-type AM-LCDs. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 32(1) :986–989, June 2001.
- [6] Hao Pan, Xiao-Fan Feng, et Scott Daly. LCD motion blur modeling and analysis. Dans *IEEE International Conference on Image Processing, 2005. ICIP 2005.*, volume 2, pages 21–24, September 2005.
- [7] Stéphane Péchard, Sylvain Tourancheau, Patrick Le Callet, Mathieu Carnec, et Dominique Barba. Towards video quality metrics for HDTV. Dans *Second International Workshop on Video Processing and Quality Metrics, VPQM'06*, Janvier 2006.
- [8] ITU-R BT. 500-11. Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures. Rapport technique, ITU, 2004.
- [9] ITU-R BT. 710-4. Subjective assessment methods for image quality in high-definition television. Rapport technique, ITU, 1998.
- [10] SVT. Overall-quality assessment when targeting Wide XGA flat panel displays. Rapport technique, SVT corporate development technology, 2002. ftp://ftp.ldv.e-technik.tumuenchen.de/pub/test_sequences/.
- [11] Joint Video Team (JVT). H.264/Advanced Video Coding reference software version 10.1, 2005. <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>.
- [12] Ferdinand Monoyer. Échelle typographique pour la détermination de l'acuité visuelle. *Académie des Sciences, Comptes rendus*, 80(113), 1875.
- [13] Shinobu Ishihara. Tests for colour-blindness. Kanehara Shuppen Company, Ltd., Tokyo, Japan, 1967.
- [14] EBU. SAMVIQ – Subjective assessment methodology for video quality. Rapport technique, European Broadcasting Union, 2003.
- [15] Justin Laird, Mitchell Rosen, Jeff Pelz, Ethan Montag, et Scott Daly. Spatio-velocity CSF as a function of retinal velocity using unstabilized stimuli. Dans *Proc. SPIE Conf. Human Vision and Electronic Imaging XI*, volume 6057. Electronic Imaging 2006, Janvier 2006.