

# 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 le calculer. Sur des séquences avec de forts mouvements, un modèle a été construit qui permet de prédire la baisse de qualité due à un écran LCD (par rapport à un écran CRT) pour une séquence donnée, en fonction de la quantité de flou mesurée sur cette séquence.*

## 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 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 nouvelles technologies d'affichage

### 2.1 Vers 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 comprise entre trois et quatre fois la hauteur de l'écran ( $3H \leq D \leq 4H$ ). C'est la distance d'observation moyenne d'une salle de cinéma. L'angle de vue correspondant est d'environ 30 degrés horizontalement par 20 degrés verticalement, ce qui représente 25% du champ visuel. L'immersion et la sensation de profondeur sont donc considérablement accrues.

La résolution de la télévision standard (TVSD),  $768 \times 576$  en mode entrelacé, est telle que la distance optimale d'observation est  $D = 6H$ . Plus près de l'écran, la structure des lignes du téléviseur devient perceptible et nuit grandement au confort de visualisation et à la qualité des images affichées. A cette distance, le téléviseur n'occupe qu'une faible proportion du champ visuel.

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. Pour jouir pleinement des améliorations apportées par les résolutions haute définition, classiquement  $1920 \times 1080$  en mode entrelacé (1080i) et  $1280 \times 720$  en mode progressif (720p), il convient donc de visualiser les diffusions à une distance comprise entre  $3H$  et  $4H$ ,  $H$  étant la hauteur de l'écran. La taille de l'écran peut donc être considérablement augmentée sans que la distance d'observation ne pose problème.

### 2.2 Écrans à cristaux liquides (LCD)

L'écran à tube cathodique (CRT pour *Cathodic Ray Tube*), 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.

La technologie d'affichage par cristaux liquides a énormément évolué au cours des dix dernières années, allant même jusqu'à supplanter la technologie CRT sur le marché des moniteurs de bureau. Les écrans LCD ont atteint une qualité plus que satisfaisante en terme de reproduction de couleur, d'angle de vue et de contraste pour permettre l'affichage d'images fixes ou avec peu de mouvements. Cependant, de nombreux efforts restent à fournir concernant l'affichage de séquences vidéos. A ce titre, la technologie LCD ne peut être considérée comme une technologie pleinement adaptée à la télévision et ses caractéristiques doivent encore être étudiées et modifiées 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 défaut 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.

### 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'affichage 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.

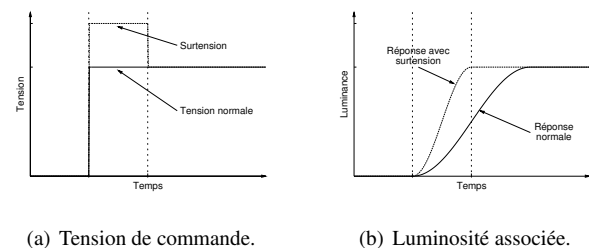


Figure 1 – Compensation du temps de réponse par application d'une surtension.

#### 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). La perception du flou de mouvement s'explique alors par le comportement du système visuel humain.

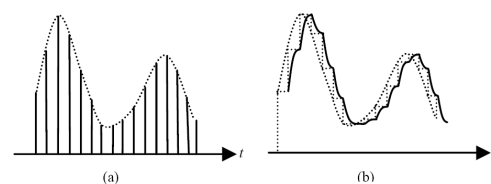


Figure 2 – Evolution temporelle d'un pixel sur un écran CRT (a) et sur un écran LCD (b).

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) [5]. Ces contours sont donc perçus de manière floue par l'observateur, 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. La taille 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 sinusoidal, qui constitue une bonne approximation de la réalité, cette taille  $L$  s'exprime en pixels, en fonction de la vitesse  $V$  du déplacement en pixels par image :

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

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 :

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

Ces résultats subjectifs sont donc très proches de ceux prédits par le modèle de Pan. 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 ont été présentées aux observateurs qui doivent en évaluer la qualité. Une première série de tests a été réalisée sur un écran CRT pour l'ensemble des séquences. Puis, une seconde série de tests, pour les mêmes séquences, a été effectuée sur un écran LCD. Nous disposons donc d'une note de qualité (moyenne des notes attribuées par chaque observateur) pour chaque séquence et pour chacun des deux écrans CRT et LCD.

### 4.1 Conditions

Les tests ont été réalisés dans une pièce spécifique. Les conditions de lumière, les paramètres d'affichage et la dis-

tance 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 (ce qui équivaut à une diagonale de 16,5"). Le second est un écran LCD de hauteur 46 cm (diagonale de 37"). La distance d'observation a été fixée à  $3H$  soit respectivement 31.5 cm et 138 cm.

### 4.2 Séquences

Douze séquences ont été utilisées. Quatre d'entre elles proviennent de la chaîne suédoise SVT et ont déjà été utilisées dans une étude sur la qualité HD [10], elles sont disponibles sur Internet. Les huit autres séquences proviennent de la chaîne belge Euro1080 et ont été obtenue par le biais du projet européen ITEA-HD4U dans le cadre duquel est réalisée notre étude. Chaque séquence est constituée de 250 images, pour une durée de 10 secondes.

Chacun des douze contenus a été dégradé par compression H.264 à différents débits, de manière à couvrir complètement la gamme de qualité recherchée. Sept débits de compression différents ont été produits par séquence. Ils ont été définis par des observateurs experts de manière à couvrir une gamme de qualité intéressante pour la TVHD. Le codage H.264 a été réalisé en utilisant le codec de référence [11].

L'évaluation subjective de qualité pour différents débits a été réalisée dans le but de comparer cette qualité avec celle de la télévision standard. Cependant, dans notre étude, seule la baisse de qualité introduite par la différence d'écran nous intéresse. Nous nous sommes donc restreints aux douze séquences de référence (non dégradées).

### 4.3 Observateurs

Avant la première séance d'évaluation, chaque observateur a passé des tests d'acuité et de détection de daltonisme conformément aux normes de l'ITU [8]. L'acuité est testée grâce aux planches de Monoyer [12]. Les déficiences chromatiques sont détectées à l'aide des tests d'Ishihara [13]. Les candidats ayant au moins une erreur au test d'Ishihara ou moins de 9/10 au test d'acuité sont rejetés.

Pour ces tests, 21 observateurs valides ont été utilisés (un minimum de 15 est recommandé [8]). Ils ont une moyenne d'âge de 25 ans et sont majoritairement étudiants.

### 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. L'échelle de notation est continue, chaque note pouvant prendre une valeur comprise entre 0 et 100.

La consistance des résultats est évaluée après l'ensemble des tests, par l'application d'une méthode de rejet par corrélation de rang normalisée par l'EBU. Les éventuels observateurs incohérents sont ainsi détectés et leurs résultats retirés. Suivant les séquences, entre 15 et 19 personnes ont été gardées par ce critère.

## 4.5 Résultats

Le tableau 1 présente le MOS (pour *Mean Opinion Score*), c'est-à-dire la note de qualité subjective moyenne fournie par les observateurs, pour chacune des douze séquences de référence et pour les deux types d'écran.

Les deux séries de notes ne sont pas du tout corrélées. La différence entre les notes de qualités subjectives sur CRT et celles sur LCD est notée  $\Delta\text{MOS}$  :

$$\Delta\text{MOS} = \text{MOS CRT} - \text{MOS LCD} \quad (3)$$

Cette différence est presque toujours positive (les notes de qualité subjective obtenues sur CRT sont meilleures que celles obtenues sur LCD), sauf pour deux séquences : GOLF et MOBCAL. A titre d'information, le coefficient de corrélation linéaire et l'écart quadratique moyen entre la série de notes obtenue sur CRT et celle obtenue sur LCD sont respectivement :

$$CC(\text{MOS LCD}, \text{MOS CRT}) = 0.247, \quad (4)$$

$$EQM(\text{MOS LCD}, \text{MOS CRT}) = 8.63. \quad (5)$$

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

Afin de prédire la différence  $\Delta\text{MOS}$  entre les notes de qualité subjective obtenues avec l'écran CRT et celles obtenues avec l'écran LCD, l'importance du flou de mouvement dans les séquences utilisées a été mesurée. Une estimation de la qualité subjective sur écran LCD est ensuite réalisée à partir des notes obtenues sur CRT.

### 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

Séquence	MOS CRT	MOS LCD	$\Delta\text{MOS}$
MOBCAL	77.56	81.63	-4.07
PARKRUN	86.28	81.32	4.96
SHIELDS	84.68	77.95	6.73
STOCKHOLM	83.56	81.74	1.82
CONCERT	80.33	72.05	8.29
FOOT	83.56	73.05	10.51
MOVIE	87.28	74.91	12.37
VOILE	83.83	73.09	10.74
SHOW	81.15	69.28	11.87
STANDING	75.65	64.96	10.69
CREDITS	82.7	73.76	8.94
GOLF	72.4	77.08	-4.68

Tableau 1 – Notes de qualité subjective moyennes par séquence et par écran.

$16 \times 8$  pixels en pleine résolution (correspondant à une taille d'affichage de  $16 \times 16$  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. Cette taille est 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  $16 \times 8$  pixels de chaque trame, ils sont fusionnés afin d'obtenir un vecteur de mouvement pour chaque bloc  $16 \times 16$  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.

Enfin, chaque bloc d'un ensemble de cinq images consécutives est classé en trois catégories (contour, texture et zone uniforme) en étudiant les gradients horizontaux, verticaux et diagonaux.

### 5.2 Calcul du flou moyen

Nous cherchons à obtenir la quantité de flou de mouvement présent dans chacune des douze 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, seuls les blocs classés contour ou texture et possédant un contraste suffisant sont pris en compte.

Pour chaque séquence, nous disposons donc d'un vecteur

de mouvement par bloc et par ensemble de cinq images consécutives. Pour un groupe de cinq images, le cumul spatial est effectué par un moyennage pondéré par le nombre de blocs, sur l'ensemble des blocs retenus. Nous obtenons alors un vecteur de mouvement moyen pour cinq images consécutives. Le module de ce vecteur permet d'obtenir la taille du flou de mouvement généré par ce déplacement à l'aide de la relation linéaire donnée précédemment (cf. equation 2), pour chaque ensemble de cinq images successives. Le flou de mouvement moyen est finalement obtenu par une moyenne temporelle sur l'ensemble de la séquence.

### 5.3 Prédiction du $\Delta$ MOS

Comme il a été expliqué précédemment (cf. 2.2), le flou de mouvement n'est pas le seul défaut des écrans LCD. Néanmoins, il apparaît que c'est le défaut le plus gênant lorsqu'il est présent. Nous avons donc choisi, dans un premier temps, de nous intéresser seulement aux séquences qui présentent un mouvement suffisant pour engendrer ce flou. De même, les séquences qui ont été préférées sur LCD ont été écartées car le flou de mouvement ne peut être responsable d'une amélioration de la qualité perçue.

Quatre séquences ont donc été retirées de notre base. Il s'agit des séquences MOVIE, STANDING, GOLF et MOBCAL. Notre modèle de prédiction de la différence de qualité  $\Delta$ MOS en fonction du flou a donc été construit à partir des huit séquences restantes, pour lesquelles le flou de mouvement est bien présent. La relation entre le flou de mouvement et  $\Delta$ MOS a été modélisée en trois parties :

- une première partie pour laquelle  $\Delta$ MOS = 0 lorsque la taille du flou est inférieure à une certaine valeur ;
- une seconde partie linéaire croissante ensuite ;
- enfin une saturation à partir d'une certaine taille de flou.

La première partie peut s'expliquer du fait que le flou n'est visible qu'à partir d'une certaine taille critique. Empiriquement, cette valeur seuil est d'environ 5 minutes d'angle visuel. La baisse de qualité augmente ensuite proportionnellement à la taille du flou de mouvement à raison d'une pente de 1.67 points (sur l'échelle de qualité qui en contient 100) par minute d'angle visuel. Enfin, la saturation finale est certainement due à des effets contextuels (échelle de notation limitée, présence de séquences très dégradées lors du test, etc.). Elle intervient à partir d'une taille de flou de 11 minutes d'angle visuel, et correspond à un écart de qualité  $\Delta$ MOS = 10.

Notre modèle nous permet de prédire la différence de qualité  $\Delta$ MOS à partir de la valeur du flou de mouvement moyen mesuré sur la séquence. La différence de qualité prédite est notée  $\Delta$ MOS<sub>p</sub>. Nous pouvons alors estimer la note de qualité subjective que la séquence a obtenue sur LCD à partir de la note de qualité subjective qu'elle a obtenue sur CRT, par la relation :

$$\text{MOS LCD}_{est} = \text{MOS CRT} - \Delta\text{MOS}_p. \quad (6)$$

La qualité de cette estimation peut être mesurée par le coefficient de corrélation linéaire et l'écart quadratique moyen

entre les notes de qualité obtenues sur LCD et les notes de qualité LCD estimées par notre modèle :

$$CC(\text{MOS LCD}, \text{MOS LCD}_{est}) = 0.953, \quad (7)$$

$$EQM(\text{MOS LCD}, \text{MOS LCD}_{est}) = 1.30. \quad (8)$$

En ne prenant en compte que les séquences pour lesquelles le flou de mouvement est le défaut principal, nous avons donc construit un modèle permettant de prédire, pour une séquence donnée, la différence de qualité perceptuelle entre une visualisation sur écran CRT et une visualisation sur écran LCD. Cette différence de qualité perceptuelle dépend du flou de mouvement moyen mesuré sur la séquence. La qualité subjective d'une séquence sur un écran LCD peut alors être estimée à partir de son évaluation sur écran CRT. Les notes estimées sont bien corrélées avec les notes réellement obtenues et l'écart quadratique moyen entre les deux séries est assez faible.

### 5.4 Autres aspects des écrans LCD

La seule prise en compte du flou de mouvement ne suffit pas pour prédire totalement la différence de qualité subjective entre CRT et LCD. En effet, si on cherche à prédire la différence de qualité des quatre séquences exclues en fonction du flou de mouvement moyen mesuré pour ces séquences, les performances de notre modèle sont diminuées. La figure 3 présente la différence de qualité  $\Delta$ MOS en fonction du flou de mouvement mesuré, pour chacune des douze séquences. Le modèle de prédiction construit est également représenté. Comme prévu, le  $\Delta$ MOS pour les quatre séquences incriminées ne peut être prédit par un modèle se basant uniquement sur le flou de mouvement. D'autres aspects de l'écran LCD doivent donc être pris en compte pour affiner la prédiction de cette différence de qualité.

Les séquences MOVIE et STANDING, malgré un flou de mouvement moyen très faible, ont été largement préférées sur CRT. D'autres défauts sont donc responsables de cette différence. Dans la séquence STANDING, le fond de la scène est uniforme et très foncé. La différence de gamma entre les deux écrans au niveau des faibles luminances ne joue pas en faveur du LCD, sur lequel le fond apparaît bruité et texturé. La séquence MOVIE est un plan d'ensemble d'un concert à l'intérieur d'une église, et de nombreuses zones d'ombres sont présentes sur les murs et les colonnes texturés du bâtiment. Là encore, ces zones apparaissent beaucoup plus bruitées lors de l'affichage sur LCD. La séquence GOLF, également sans flou de mouvement apparent, est quant à elle mieux notée sur LCD. Cette séquence, filmée en extérieur, est très lumineuse. Compte tenu des différences de dynamique en luminance (0.7-70 cd/m<sup>2</sup> pour le CRT contre 0.7-500 cd/m<sup>2</sup> pour le LCD), elle apparaît beaucoup plus contrastée et lumineuse sur un écran LCD. La séquence MOBCAL, malgré un flou de mouvement d'une taille supérieure à 5 minutes d'angle visuel, est elle aussi mieux notée sur écran LCD. Le contenu de cette séquence est texturé, très contrasté et très coloré.

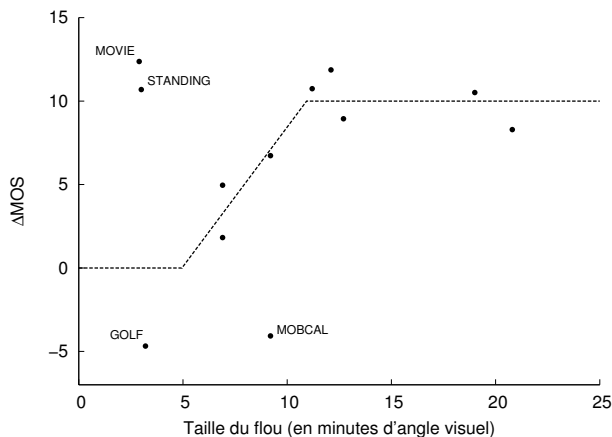


Figure 3 – Relation entre la taille du flou de mouvement moyen et la différence de qualité pour les douze séquences utilisées.

Ici, c'est la différence de reproduction de couleur entre les deux écrans qui semble favoriser l'écran LCD.

La prédiction objective de la différence de qualité perceptuelle entre CRT et LCD ne peut se faire en tenant uniquement compte de la quantité de mouvement moyen. Pour huit séquences dont le contenu laissait présager un fort flou de mouvement, notre modèle a permis de prédire la différence de qualité perceptuelle entre CRT et LCD. Cependant, les autres défauts ainsi que les qualités de l'écran LCD devront être mesurés et intégrés à la méthode de manière à pouvoir prédire l'écart de qualité entre les deux écrans pour n'importe quel type de contenu.

## 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 ont été étudiées. Un modèle mathématique, conforté par des tests psychophysiques, a montré qu'il dépendait 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. Le flou de mouvement moyen d'une séquence donnée a été mesuré à partir des vecteurs de mouvement de cette séquence. Pour les séquences marquées principalement par le flou de mouvement, un modèle permettant de prédire la baisse de qualité sur LCD en fonction de la taille du flou a pu être construit. Cependant, les autres défauts et qualités des écrans LCD devront être pris en compte pour pouvoir mettre en œuvre une prédiction fine de la différence de qualité perceptuelle entre CRT et LCD.

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 a été mise en évidence par notre 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.tu-muenchen.de/pub/test\\_sequences/](ftp://ftp.ldv.e-technik.tu-muenchen.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.