



**HAL**  
open science

## Les écrans LCD dans le flou

Pierre Adam, Pascal Bertolino, Fritz Lebowsky

► **To cite this version:**

Pierre Adam, Pascal Bertolino, Fritz Lebowsky. Les écrans LCD dans le flou. MajecSTIC 2006, Nov 2006, Lorient, France. 8p. hal-00179127

**HAL Id: hal-00179127**

**<https://hal.science/hal-00179127>**

Submitted on 13 Oct 2007

**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.

# Les écrans LCD encore dans le flou

Pierre Adam<sup>1,2</sup>, Pascal Bertolino<sup>1</sup>, Fritz Lebowsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Images et des Signaux de Grenoble  
BP 56, 38402 Saint-Martin d'Hères Cedex, France

<sup>2</sup> STMicroelectronics Grenoble  
BP 217 Grenoble Cedex, France

pierre.adam@lis.inpg.fr, pascal.bertolino@inpg.fr, fritz.lebowsky@st.com

**Résumé :** Cet article a pour but de définir les deux principales causes du flou sur les écrans plats de type LCD et de proposer une solution pour chacun des problèmes. Nous introduirons tout d'abord certaines notions sur les écrans LCD avant de nous pencher sur le terme "temps de réponse", expression trop souvent employée à mauvaise escient. Nous montrerons ensuite qu'il existe une solution simple pour diminuer ce temps de réponse et nous présenterons enfin la principale cause du flou sur les écrans LCD de grande taille ainsi qu'une solution adaptée à ce dernier problème.

**Mots-clés :** Imagerie, écran LCD, temps de réponse, *hold effect*

## 1 INTRODUCTION

Les écrans plats de type LCD (*Liquid Crystal Display*) ont aujourd'hui envahi le marché des téléviseurs et des moniteurs et remplacent de plus en plus les écrans à tube cathodique (ou CRT, *Cathode Ray Tube*). L'écran plat apporte pour l'utilisateur l'avantage d'être peu encombrant, léger et de faible consommation électrique.

Si pour les applications bureautiques et les applications à image quasi fixe, la qualité est au rendez vous, ce n'est malheureusement pas le cas pour des images en mouvements, comme par exemple pour les films d'action ou les jeux vidéo. En effet, lors de mouvements importants, il apparaît sur ce type d'écran un effet de flou et de traînées visuellement très gênant [Miseli, 2004].

Le problème de flou est dû en partie à la technologie d'affichage utilisée pour ce type d'écran (en l'occurrence, l'utilisation de cristaux liquides), mais cet artefact visuel vient aussi de la manière dont l'écran est piloté. On associe au premier problème ce qu'on appelle couramment le temps de réponse alors que le second problème, moins connu du grand public, est appelé l'effet de la commande échelon (ou *hold effect*).

Cet article va tout d'abord présenter certaines généralités sur la technologie des écrans LCD. Nous nous focaliserons ensuite sur la notion de temps de réponse, avec sa définition, sa mesure, ainsi qu'une technique pour réduire

cette valeur. Enfin, nous nous pencherons sur le *hold effect*, responsable de 70% du flou perçu [Pan, 2005], son origine, ses conséquences visuelles et nous présenterons une méthode permettant de réduire cet effet.

## 2 GÉNÉRALITÉS SUR LES ÉCRANS LCD

Avant de se pencher concrètement sur les problèmes du flou, cette partie va tout d'abord présenter certaines généralités techniques sur les écrans LCD, tout en les comparant avec celles des écrans à tube cathodique.

### 2.1 Principe de l'affichage

Comme son nom l'indique, un écran LCD est composé de cellules de cristaux liquides qui sont disposées sur une dalle. Pour simplifier la modélisation des cristaux liquides, on peut faire l'analogie avec un système mécanique où les cristaux seraient représentés par des panneaux rotatifs, fixés en leur centre, ayant la possibilité de pivoter avec un angle compris entre 0 et  $\pi$ , selon la valeur de la tension appliquée (l'angle dépendant de la tension).

Grâce à un système de lumière éclairant en continu la dalle (système appelé rétroéclairage ou *backlight*), il est possible de modifier la luminosité de l'écran simplement en appliquant une tension sur les cristaux liquides : ces derniers pivoteront ce qui laissera passer une partie de la lumière, comme on peut le voir sur la figure 1.

La dalle de cristaux liquides est découpée en un nombre fixe de pixels ; ce nombre est appelé résolution de l'écran. Chaque pixel de l'écran est en fait composé de trois ensembles indépendants de cellules de cristaux liquides, appelés sous-pixels, sur lesquels sont appliqués trois filtres de couleur : un rouge, un vert et un bleu. Lorsque l'on désire affecter une couleur donnée à un pixel, les circuits de pilotage de l'écran (ou *drivers*) vont appliquer une tension aux cristaux liquides des 3 sous-pixels ce qui a pour conséquence de faire pivoter les cristaux liquides et donc de faire passer plus ou moins de lumière sur les sous-pixels colorés.

Par exemple, pour affecter la couleur jaune à un pixel, les cristaux liquides du sous-pixel rouge et du sous-pixel

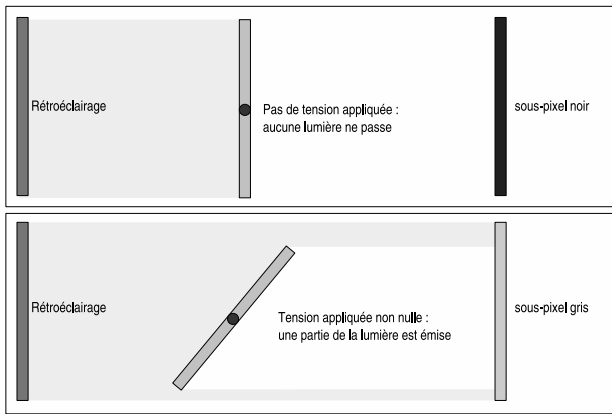


FIG. 1 – Principe des cellules de cristaux liquides pour l’affichage sur les écrans LCD

vert laisseront passer la totalité de la lumière (tension maximum) tandis que ceux du sous-pixel bleu la bloqueront entièrement (tension nulle), comme on peut le voir sur la figure 2.

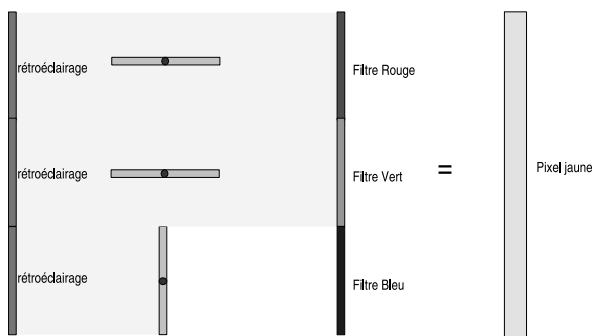


FIG. 2 – Exemple d’affichage de la couleur jaune

Un pixel est donc piloté par trois commandes différentes, une pour chacun des trois sous-pixels. Pour simplifier, nous ferons en sorte par la suite que les trois commandes soient identiques; nous parlerons donc de commande de pixel et de niveau de gris affiché (le gris est obtenu lorsque les trois composantes couleurs sont les mêmes).

## 2.2 La fréquence de rafraîchissement

Quelque soit le type d’écran (LCD ou CRT), la commande de changement (ou de continuation) de couleur est opérée de manière périodique. On appelle cette fréquence la fréquence de rafraîchissement (mesurée en Hertz), notée  $f$  par la suite. Dans le cas des moniteurs PC, on trouve par exemple des écrans dont la fréquence est de 60Hz, ce qui signifie que toutes les secondes, 60 images sont affichées à l’écran; cela fait donc un changement de la commande tous les 16.6 ms.

On appelle trame l’image affichée comprise entre deux commandes, c’est-à-dire envoyée à l’écran toutes les  $\frac{1}{f}$ .

## 2.3 Méthode de commande

Outre le fait de posséder des cellules de cristaux liquides, les écrans LCD possèdent une autre différence essentielle par rapport aux écrans à tube cathodique : la méthode de commande de l’affichage.

En effet, les écrans CRT sont commandés de manière impulsionnelle, c’est-à-dire qu’une forte tension est appliquée pendant un laps de temps très court (environ 200 ns) ce qui va créer une forte impulsion lumineuse grâce au canon à électrons. La durée de cette impulsion est très faible par rapport à  $\frac{1}{f}$  et aucune lumière n’est envoyée à l’écran entre deux impulsions. Cependant, grâce à la persistance rétinienne, notre œil intègre la luminosité tout au long de la trame et perçoit donc une luminosité constante.

Cette commande, très coûteuse en terme d’énergie, n’a pas été adoptée pour les écrans de type LCD. La technologie de pilotage pour ce type d’écran peut être qualifiée comme étant de type échelon (le LCD est un écran de type *Hold-Type Display*). En effet, la tension est appliquée en continu sur les cristaux liquides pour les maintenir dans la position désirée tout au long de la durée de la trame; un changement de commande, impliquant un changement de luminosité, ne se fait donc que tous les  $\frac{1}{f}$ . Grâce à la présence du *backlight* éclairant l’écran, la lumière est émise en continu sur l’écran.

La figure 3 montre les deux techniques de pilotages des écrans LCD et des CRT.

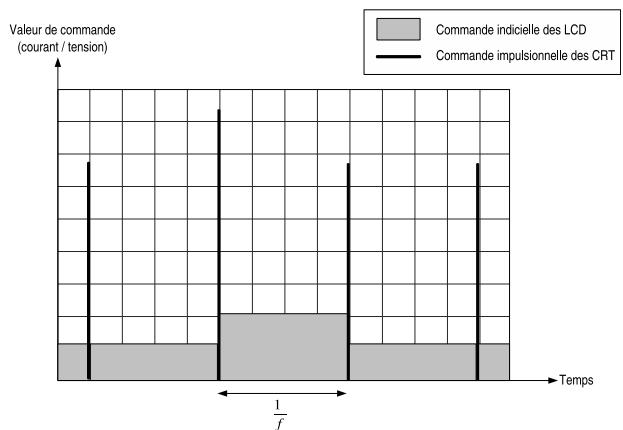


FIG. 3 – Méthode de commande du CRT et du LCD

## 3 LE TEMPS DE RÉPONSE

Le temps de réponse, mesuré en millisecondes, est une valeur fortement mise en avant par l’ensemble des constructeurs de téléviseurs et de moniteurs LCD, comme étant une valeur représentative de la qualité globale de l’écran.

Nous allons tout d’abord définir dans cette partie la notion de temps de réponse ainsi que poser le calcul théorique de

sa valeur. Nous présenterons ensuite le temps de réponse dans le contexte commercial en déterminant ce que signifie exactement pour le consommateur ces quelques millisecondes qui caractérisent tous les produits LCD. Enfin, nous montrerons les effets d'un temps de réponse trop important sur la qualité d'image perçue par l'utilisateur.

### 3.1 Définition

Avant de déterminer le calcul théorique du temps de réponse, nous allons premièrement donner une définition du temps de réponse mais contrairement à ce que l'on peut voir et entendre dans le commerce, il est important de souligner que le temps de réponse n'est pas une valeur unique. En effet, on peut associer à chaque changement de niveau de gris au point de vue temporel un temps de réponse.

Comme nous l'avons vu précédemment, le cristal liquide peut être modélisé par un pivot qui, sous l'influence de la tension, peut bloquer une partie de la lumière du *backlight*. Si pour un pixel donné, on désire changer le niveau de gris actuel, il suffit d'appliquer une nouvelle commande à ce pixel, ce qui aura pour conséquence de faire pivoter le cristal liquide et donc de changer la luminosité perçue. On appelle transition temporelle le passage d'un niveau de gris initial  $G_i = G(t)$  à un niveau de gris final  $G_f = G(t + \frac{1}{f})$ , avec  $G_i \neq G_f$  et  $G(t)$  la valeur du pixel à l'instant  $t$ .

Malheureusement, les cristaux liquides possèdent une faible réactivité; le temps pour passer d'un état à un autre est loin d'être négligeable par rapport à la durée de la trame. On définit cette durée dans la section 3.2 comme le temps de réponse entre le niveau de gris  $G_i$  et le niveau de gris  $G_f$ . De plus, les cellules ne possèdent pas un comportement linéaire et symétrique : avec  $G_1$  et  $G_2$  deux niveaux de gris distincts, le temps de réponse de la transition de  $G_1$  à  $G_2$  sera différent du temps entre  $G_2$  et  $G_1$ .

La figure 4 montre la réponse d'une cellule LCD lors de la transition entre le niveau de gris 0 (noir) et 32 (gris foncé) sur une échelle de 0 à 255 (blanc).

Chaque transition de niveaux de gris est donc associée à un temps de réponse qui lui est propre. Un écran LCD peut afficher 256 niveaux par canal de couleur. En considérant que les trois canaux se comportent de manière identique et en supposant qu'une transition est un changement effectif de niveau, on peut calculer le nombre  $N$  de transitions de niveaux de gris par :

$$N = 256 \times 256 - 256 = 65280$$

On appelle temps de montée le temps de réponse pour passer d'un niveau de gris  $G_1$  à un niveau de gris  $G_2$  avec  $G_2 > G_1$ , le temps de descente étant associé aux autres transitions.

La figure 5 montre une représentation de différents temps de réponse d'un écran LCD (temps de montée et temps

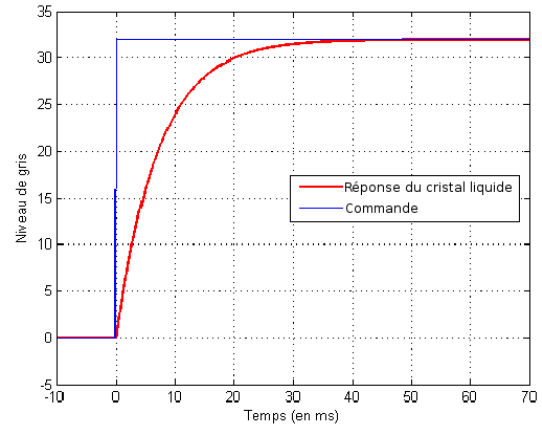


FIG. 4 – Réponse d'une cellule LCD lors d'un passage de 0 à 32

de descente) en fonction de la valeur initiale et de la valeur finale des transitions.

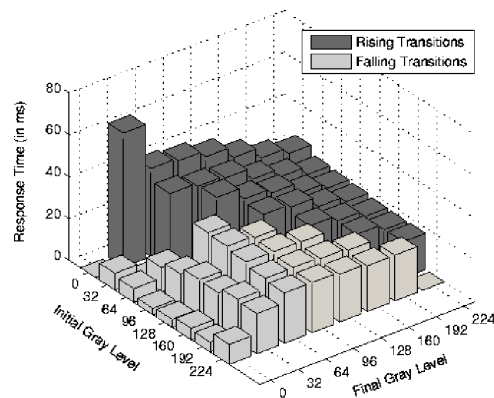


FIG. 5 – Exemple de représentation 3D des temps de réponse

### 3.2 Calcul du temps de réponse selon la métrique initiée par la VESA

Afin de répondre aux attentes d'une métrique unique sur le temps de réponse, le groupe Flat Panel Display Measurement (FPDM) de la VESA (Video Electronics Standards Association) a édité un document en 2001 [FPDM, 2001] concernant les mesures sur les écrans plats comme la luminosité, le contraste, les angles de vue et le temps de réponse.

Ce temps de réponse est calculé selon la transition de niveau de gris auquel il est associé. Soit  $\mathcal{C}$  la courbe de transition du niveau de gris initial  $G_i$  au niveau final  $G_f$ . Le temps de réponse de cette transition, noté  $\tau$ , est défini comme étant le temps pour passer de 10% à 90% de la dynamique totale ( $|G_i - G_f|$ ). On définit donc deux ins-

tants, notés  $t_{10}$  et  $t_{90}$ , tels que :

$$\mathcal{C}(t_{10}) = G_i + 0.1 \times (G_f - G_i) \quad (1)$$

$$\mathcal{C}(t_{90}) = G_i + 0.9 \times (G_f - G_i) \quad (2)$$

Finalement, le temps de réponse de la transition de  $G_i$  à  $G_f$  est donné par :

$$\tau = t_{90} - t_{10}$$

La figure 6 montre un exemple de calcul de temps de réponse sur la transition du niveau 0 au niveau 80.

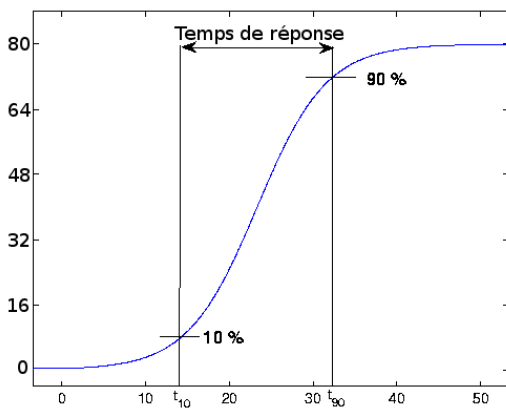


FIG. 6 – Temps de réponse pour la transition de 0 à 80

### 3.3 Temps de réponse ISO et G2G

Dans le contexte commercial, le temps de réponse, affiché sur les caractéristiques techniques des écrans LCD, diffère de celui présenté précédemment. De plus, ce temps peut être issu de plusieurs métriques, bien distinctes du point de vue technique mais complètement invisibles pour le consommateur final : les temps de réponse ISO (International Organization for Standardization) et G2G (Gray to Gray).

#### 3.3.1 La norme ISO 13-406

En 1999, au vu de l'importance des écrans plats dans le domaine informatique, l'Organisation Internationale de Normalisation (ou ISO) a mis en place un document concernant les les écrans plats, nommé norme ISO 13-406-1 [ISO, 1999], mise à jour en 2001 avec la version ISO 13-406-2.

Outre le fait de poser des revendications sur le travail sur écrans plats, cette dernière version propose une définition du temps de réponse des écrans LCD pour les applications commerciales. Cette valeur, que l'on note  $\tau_{ISO}$ , est définie comme la somme du temps de réponse pour passer du noir au blanc (temps de montée, note  $\tau_m$ ) et du temps de réponse pour passer du blanc au noir (temps de descente, noté  $\tau_d$ ). On a alors :

$$\tau_{ISO} = \tau_m + \tau_d$$

Malheureusement, cette définition du temps de réponse, bien que nécessaire pour le consommateur, ne correspond pas du tout à la réelle qualité perçue des images sur les écrans LCD. La principale raison est qu'elle ne prend en compte que deux temps de réponse parmi les 65280 existants.

De plus, à l'aide d'un dispositif de mesure, il est facile de montrer que les deux transitions concernées (celle du blanc au noir et celle du noir au blanc) possèdent en fait les temps de réponse les plus petits sur l'ensemble des transitions de gris. La qualité visuelle perçue et la métrique ISO sont donc entièrement décorréliées : il est possible sur un écran de 16 ms ISO de mesurer des transitions de niveaux de gris dont le temps de réponse avoisine les 70 ms.

Enfin, comme nous le verrons par la suite, les techniques classiques d'améliorations de temps de réponse ne sont pas capables d'accélérer le temps de réponse des transitions concernées par la norme ISO. Pour résoudre ce problème purement marketing, et de ce fait vendre des écrans plus réactifs avec une mesure de qualité (le temps de réponse) en corrélation avec la réelle qualité perçue, les constructeurs d'écrans LCD ont décidé de s'affranchir de la norme ISO 13-406 en proposant leur propre mesure : le G2G.

#### 3.3.2 La mesure G2G

Contrairement à la norme ISO 13-406, le G2G (ou Gray to Gray) n'est pas une valeur normalisée. Cette mesure fut créée en 2004, puis adoptée par la majorité des industriels. Au fur et à mesure, ces derniers ont même adapté cette valeur selon leur propre besoin : il y a aujourd'hui plusieurs versions du G2G, portant toutes le même acronyme, mais différentes selon le fabricant de panneaux LCD.

Malgré l'absence de documentation sur cette mesure, on peut supposer que le G2G correspond à la moyenne de temps de réponse d'un ensemble de transitions ne contenant ni le blanc ni le noir. Le fait de moyenniser les valeurs et non de sommer deux transitions opposées permet de diminuer facilement le temps de réponse. Enfin, le choix des transitions à moyenniser reste un facteur inconnu mais on peut supposer que les temps de réponse sélectionnés sont parmi les plus petits. De part ces deux astuces de mesures, le G2G reste souvent inférieur à la norme ISO. En effet, on a pu constater qu'en 2004, des écrans 16ms ISO ont été commercialisés par la suite à 8ms en G2G.

### 3.4 Le temps de réponse et le flou

Sur les premiers écrans LCD, la qualité des images en mouvement était fortement dégradée par la présence de flou et de traînées de couleur, artefacts visuels très gênant. Ce flou et ces traînées engendrés à l'écran sont liés à deux facteurs distincts : le temps de réponse de la transition considérée et la fréquence de rafraîchissement

de l'écran.

Considérons un objet de niveaux de gris  $G_o$  se déplaçant horizontalement, de gauche à droite, avec une vitesse constante uniforme de  $n$  pixels par trame (ou ppt) sur un fond uniforme de valeur  $G_b$ .

A chaque changement de trame, on peut dissocier les pixels en quatre catégories distinctes :

1. Les pixels restant à la valeur  $G_o$
2. Les pixels passant de  $G_o$  à  $G_b$
3. Les pixels restant à la valeur  $G_b$
4. Les pixels passant de  $G_b$  à  $G_o$

La figure 7 montre un exemple d'objet se déplaçant sur un fond uniforme ainsi que les catégories de pixels lors d'un changement de trame.

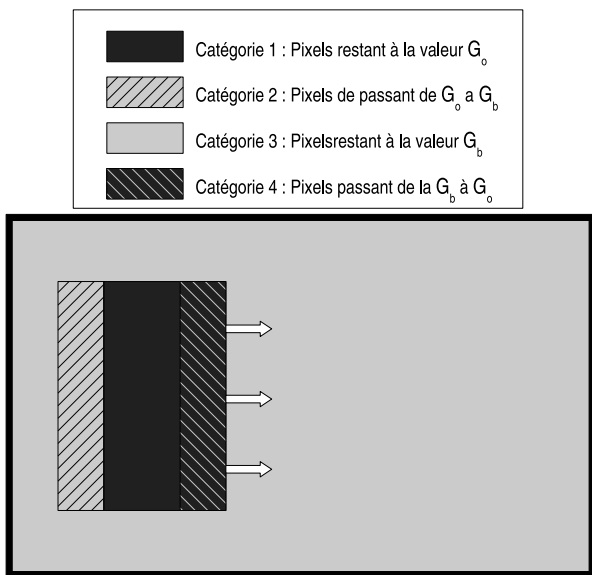


FIG. 7 – Objet uniforme se déplaçant sur un fond uniforme avec les quatre catégories de pixels

Puisque la valeur des pixels présents dans les catégories 1 et 3 reste inchangée, il n'y a pas de transition de niveaux de gris sur ces pixels ce qui n'implique aucune influence du temps de réponse et donc aucune incidence du point de vue visuel. Par contre, les catégories 2 et 4 représentent respectivement les transitions de  $G_o$  vers  $G_b$  et les transitions de  $G_b$  vers  $G_o$  dont on peut associer respectivement les temps de réponse  $\tau_{G_o \rightarrow G_b}$  et  $\tau_{G_b \rightarrow G_o}$ .

Le mouvement de l'objet étant constant, les pixels des catégories 2 et 4 ne restent qu'une seule trame dans ces catégories et passent ensuite respectivement dans les catégories 3 et 1. Considérons un pixel de valeur initiale  $G_o$ . A l'instant  $t = 0$  jusqu'à l'instant  $t = t_1$ , la commande associée à ce pixel va rester à la valeur  $G_o$ . A l'instant  $t = t_1 + \frac{1}{f} = t_2$ , le pixel doit afficher le niveau  $G_b$ . Pour cela, une commande  $G_b$  va être appliquée à  $t_1$  pour qu'à la fin de la trame (c'est-à-dire à  $t_2$ ), le bon

niveau de gris soit affiché.

Malheureusement, si le temps de réponse  $\tau_{G_o \rightarrow G_b}$  est supérieur à la durée d'une trame (de durée  $\frac{1}{f}$ ), le pixel considéré n'atteindra pas la valeur  $G_b$  désirée à  $t_2$ . On ne verra donc pas à l'écran la bonne valeur de gris.

Pour les pixels considérés, le fait d'atteindre leur valeur finale en une durée supérieure à la durée d'une trame a pour conséquence de créer, dans le sens du mouvement, des phénomènes de traînées à l'écran. La taille de ces traînées dépend de la vitesse de l'objet, de la fréquence et du temps de réponse de la transition concernée. La figure 8 montre le résultat visuel (en simulation) de l'objet précédent avec deux hypothèses sur les catégories 2 et 4. On suppose ici que :

- $\tau_{G_o \rightarrow G_b} > \frac{1}{f}$  : un flou est perçu à l'arrière de l'objet.
- $\tau_{G_b \rightarrow G_o} < \frac{1}{f}$  : aucun flou n'est visible devant l'objet.

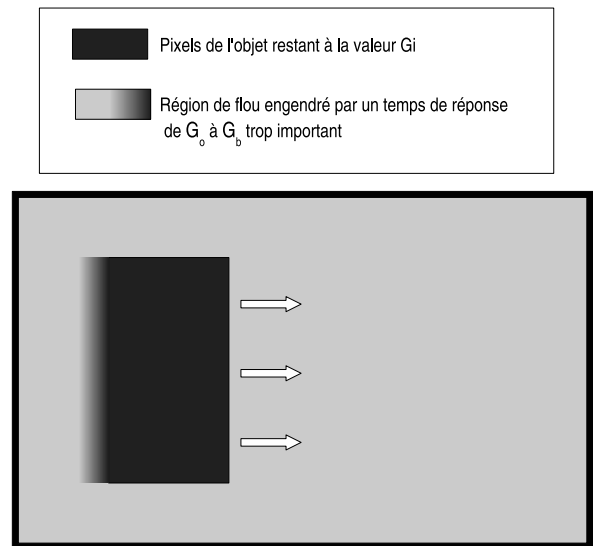


FIG. 8 – Image perçue sur un LCD avec des temps de réponse important (Simulation)

Par exemple, si la transition concernée possède un temps de réponse de 50 ms ( $\frac{3}{f}$  avec  $f = 60$  Hz), un objet se déplaçant à 10 ppt aura une zone de traînées de 20 pixels dans le sens du mouvement : au lieu de changer la valeur du pixel en une trame, ce dernier, du fait de sa grande latence atteindra sa valeur finale au bout de trois trames (ce qui fait donc deux trames de flou).

#### 4 AMÉLIORATION DU TEMPS DE RÉPONSE : L'OVERDRIVE

Depuis plus de 10 ans [Okumura, 1992], les industriels se sont penchés sur le problème de la diminution du temps de réponse et donc, par conséquent, de l'amélioration d'image pour les écrans LCD. Nous allons présenter dans cette partie l'*overdrive*, méthode la plus connue pour réduire le temps de réponse.

#### 4.1 Principe

Comme nous l'avons vu dans la précédente section, les écrans ayant une fréquence de rafraîchissement de  $f$  doivent posséder des temps de réponse tous inférieurs à la valeur  $\frac{1}{f}$ , sous peine de voir apparaître des phénomènes de traînées à l'écran. Le résultat optimum serait donc, après traitement, que les niveaux de gris désirés soient tous atteints à la fin de la trame. Pour cela, il faut donc réduire tous les temps de réponse critiques (c'est à dire supérieur à  $\frac{1}{f}$ ) sans modifier les autres. C'est ce que propose l'algorithme *overdrive*.

Soit un pixel de valeur  $G_i$  à  $t = t_1$ , passant à la valeur  $G_f$  à  $t = t_1 + \frac{1}{f} = t_2$ , avec un temps de réponse critique  $\tau_{G_i \rightarrow G_f} > \frac{1}{f}$ . La solution apportée par la technique *overdrive* consiste à changer la valeur finale de la transition  $G_f$  en une valeur  $G_f \pm \delta$  (avec  $G_f + \delta$  si  $G_i < G_f$  et  $G_f - \delta$  si  $G_i > G_f$ ).

En choisissant correctement la valeur de  $\delta$ , il est possible d'obtenir à  $t_2$  une valeur atteinte égale à  $G_f$ , valeur préalablement désirée. La figure 9 montre un exemple de correction *overdrive* sur une transition critique. En effet, on suppose que le temps de réponse  $\tau_{G_i \rightarrow G_f + \delta}$  est sensiblement le même que  $\tau_{G_i \rightarrow G_f}$ ;  $\tau_{G_i \rightarrow G_f + \delta}$  est donc un temps critique, c'est-à-dire supérieur à  $\frac{1}{f}$ . Par conséquent, la nouvelle valeur désirée,  $G_f + \delta$ , ne sera pas non plus atteinte à  $t_2$  et on obtiendra donc  $G_f$  avec un  $\delta$  adéquat.

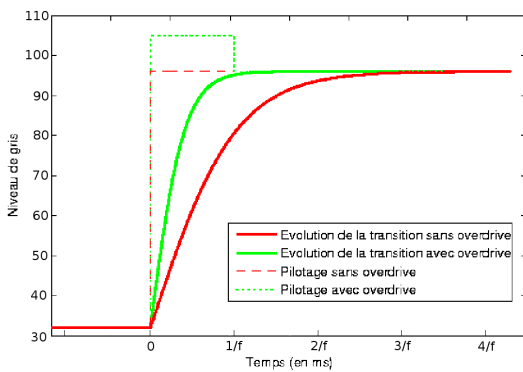


FIG. 9 – Principe de l'*overdrive*

#### 4.2 Implémentation

La principale difficulté d'implémentation de l'*overdrive* provient du calcul des valeurs de correction  $\delta$  pour toutes les transitions. En effet, ces valeurs  $\delta$  dépendent des niveaux initiaux  $G_i$  et finaux  $G_f$  des transitions concernées mais aussi de la fréquence de rafraîchissement  $f$ . Il faut donc expérimentalement mesurer tous les temps de réponse et les corrections associées à chacune des transitions, ce qui représentent un temps de calcul très important. Cependant, grâce à une récente modélisation [Adam, 2006], il est possible de simuler une partie des temps de réponse en une dizaine de mesures, ce qui

réduit considérablement le temps de calcul.

D'un point de vue matériel, pour pouvoir récupérer les valeurs de correction adéquates, la méthode a donc besoin de la valeur des pixels de l'image précédente ( $G_i = G(t - \frac{1}{f})$ ) et de leurs valeurs dans l'image courante ( $G_f = G(t)$ ); à chaque pixel est donc associé un couple de valeurs représentant la transition temporelle de niveaux de gris.

Afin de stocker l'image précédente, une mémoire de trame (mémoire de type RAM, c'est-à-dire volatile) est nécessaire à l'algorithme. Celle-ci peut être compressée afin de réduire le coût de l'*overdrive* [Someya, 2003]. Grâce à ces informations, l'*overdrive* pourra sélectionner la transition adéquate et choisir ainsi les valeurs de correction préalablement enregistrées dans une mémoire fixe (de type ROM), appelée communément Look-Up-Table (ou L.U.T.). Il s'agit en fait d'un tableau de corrections à double entrée : les valeurs  $G_i$  et  $G_f$  correspondent aux indices de lignes et de colonnes, et la cellule ainsi sélectionnée contient la valeur de correction. Pour une fréquence de rafraîchissement donnée, il n'y a donc qu'une seule et unique L.U.T. pour les trois composantes couleurs.

Enfin, pour éviter d'avoir un tableau de correction de taille trop importante (ce qui peut représenter un coût élevé), il est courant d'avoir une L.U.T. ne contenant qu'un nombre limité de niveaux de gris et les niveaux non mémorisés sont interpolés à partir des valeurs connues [McCarthy, 2003]. La figure 10 montre un exemple d'implémentation de l'algorithme *overdrive*.

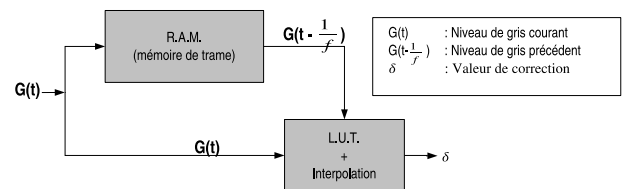


FIG. 10 – Schéma de l'*overdrive*

### 5 EFFET DE LA COMMANDE ÉCHELON (HOLD EFFECT)

Comme nous l'avons vu dans la partie 2.3, la manière de piloter un écran LCD est bien différente d'un écran CRT. Bien qu'apportant un confort visuel indéniable comme par exemple l'absence de phénomènes de clignotement, cette particularité de pilotage génère aussi des problèmes de flou.

Cependant, et contrairement au temps de réponse, la cause de ces artefacts visuels n'est pas entièrement due à l'écran LCD mais aussi à un problème d'intégration de notre oeil lors de suivi d'objets mobiles à l'écran. Nous allons voir dans cette partie le principe de ce phénomène

peu connu du grand public appelé le *hold effect*, ses conséquences et enfin une solution pour réduire l'artefact qu'il génère.

### 5.1 Principe

Nous allons premièrement supposer dans l'ensemble de cette partie que tous les temps de réponse sont nuls. Bien que très peu réaliste, cette hypothèse a pour but de montrer la décorrélation entre le *hold effect* et les problèmes de flou engendrés par le temps de réponse.

Considérons sur une ligne de l'écran un segment horizontal de pixels, formant un objet de niveau de gris  $G_o$ , se déplaçant de gauche à droite à vitesse constante sur un fond uniforme  $G_b$  (figure 11). Le segment mobile est repéré par notre oeil grâce aux déplacements du contour que crée l'objet avec le fond. L'oeil étant un intégrateur de luminosité, notre système visuel va recevoir la luminosité des pixels lors d'un suivi d'objet pendant une durée supérieure à  $\frac{1}{f}$  et va donc moyenner dans le temps cette luminosité perçue.

Les figures 11, 12, 13 et 14 correspondent à un objet de niveau de gris 32 se déplaçant de gauche à droite sur un fond uniforme de niveau 160 avec une vitesse de 2 pixels par trame.

Avec un écran à tube cathodique, la méthode impulsionnelle de pilotage ne pose aucun problème lors de l'intégration de l'oeil dans le temps. La figure 11 montre le principe théorique de la mesure du *hold effect* sur un CRT. Le CRT émet une impulsion lumineuse à chaque début de trame et n'émet ensuite plus de lumière jusqu'à la prochaine commande. Le contour perçu (en bas de la figure 11), issu de l'intégration temporelle des différentes trames est ici net et identique au contour désiré.

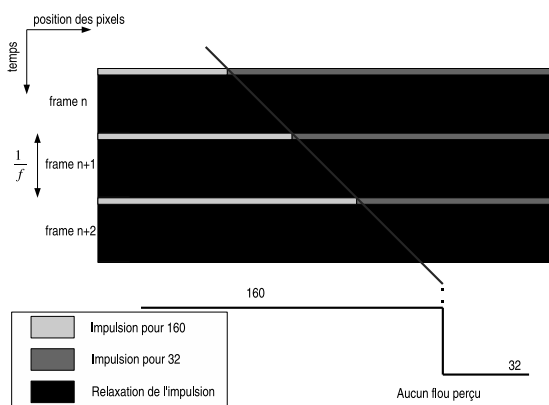


FIG. 11 – Absence de *hold effect* sur le CRT

Pour un écran LCD, la luminosité émise étant continue, notre oeil va continuer à intégrer la luminosité d'un pixel alors que celui-ci n'est plus à la même valeur. Comme nous le voyons sur la figure 12, l'intégration temporelle de notre oeil va créer un contour lissé, beaucoup moins

net que celui désiré et perçu comme un flou.

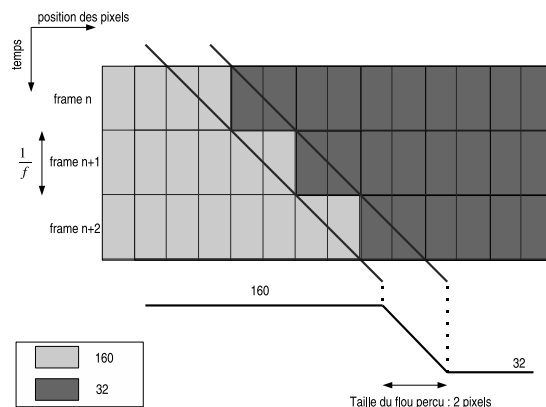


FIG. 12 – *hold effect* sur le LCD

La taille de ce flou ne dépend que de la vitesse de déplacement de l'objet et de la fréquence de rafraîchissement de l'écran  $f$ . Cet effet est essentiellement perçu sur des écrans de très grande taille : à résolution égale, un flou de 30 pixels sur un écran de téléphone portable sera imperceptible tandis que celui-ci sera visible sur un téléviseur de 82 cm.

### 5.2 Technique d'amélioration du *hold effect*

Parmi les deux facteurs mis en cause dans la perception du flou par le *hold effect* (vitesse de l'objet et fréquence), seule la fréquence de rafraîchissement peut-être modifiée sans altérer les données originales à afficher. L'augmentation de la fréquence permettrait en théorie de réduire la taille du flou. Cependant, cette augmentation implique la création de nouvelles images à l'aide d'une méthode d'interpolation. Par exemple, il faut, pour passer d'une fréquence de 60 Hz à une fréquence de 120 Hz, créer entre deux trame originale une nouvelle image.

Nous supposons par la suite que les méthodes de correction sont réalisées à 120 Hz. Pour cela, il existe plusieurs méthodes d'interpolation temporelle pour passer à cette fréquence. La plus simple consiste à recopier l'image précédente dans la nouvelle image créée ; l'intérêt de cette interpolation est très limité puisque cela ne modifie pas la perception du flou.

Une autre solution envisagée consiste à effectuer une interpolation par moyennage temporel : la nouvelle image créée résulte de la moyenne entre l'image précédente et l'image suivante. Cependant, comme on peut le voir sur la figure 13, cette méthode d'interpolation augmente la taille du flou par rapport à la version à 60 Hz. On peut donc en déduire qu'une mauvaise méthode d'interpolation temporelle peut aggraver le problème du flou.

Une méthode d'interpolation proposée [Kurita, 2005] consiste à effectuer une compensation de mouvement pour chaque image interpolée, c'est-à-dire prévoir la po-



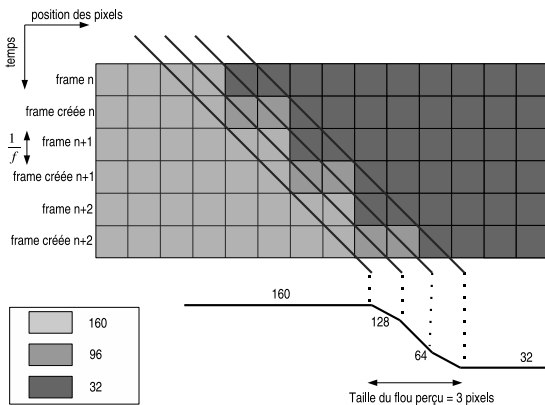


FIG. 13 – Résultat d’une interpolation par moyennage temporelle à double fréquence sur le *hold effect*

sition de l’objet entre deux frames. Ainsi, le mouvement est correctement recréé ce qui permet, à 120 Hz, de réduire par deux la taille du flou comme on peut le constater sur la figure 14.

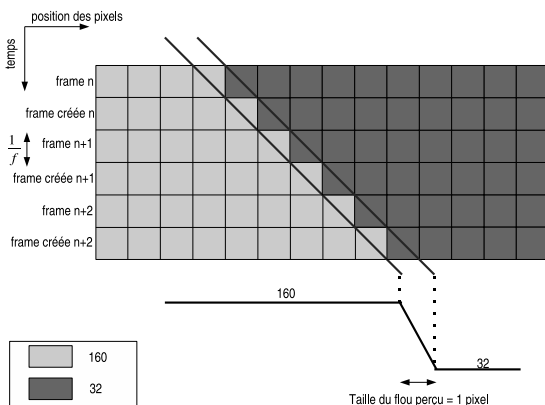


FIG. 14 – Résultat d’une compensation de mouvement à double fréquence sur le temps de réponse

### 5.3 Les effets de l’augmentation de la fréquence

A partir des résultats précédents, il serait intéressant d’envisager une multiplication de la fréquence par un chiffre bien supérieur à 2. Cependant, le passage de 60 Hz à 120 Hz pose déjà deux problèmes importants. Le premier concerne la rapidité des bus de données qui aujourd’hui, avec la taille de plus en plus grande des images, demande de plus en plus de bande passante : il faut par exemple pour des images en résolution Full-HD ( $1920 \times 1080$ ) en 10 bits par pixel à 120 Hz une bande passante de l’ordre de 890 Mo/s. Le deuxième problème concerne la création de nouvelles trames qui nécessite une excellente compensation de mouvement ce qui est extrêmement difficile à réaliser à l’heure actuelle. Le problème du *hold effect* est donc difficile à traiter mais reste essentiel à l’obtention d’une bonne qualité d’image.

## 6 CONCLUSION

Cette synthèse concernant le “temps de réponse”, expression marketing encore très floue pour le consommateur, a montré la décorrélation entre cette valeur et la qualité visuelle des écrans LCD. Malgré les efforts des industriels pour proposer une définition adaptée du temps de réponse, une nouvelle version de la norme ISO 13-406 se fait aujourd’hui attendre. Cependant, les acteurs du marché ont tendance à se focaliser uniquement sur le temps de réponse (et donc sur les techniques d’*overdrive*) alors que celui-ci n’est responsable que d’une minorité du flou sur les écrans LCD. Le *hold effect* est en effet actuellement un des problèmes les plus importants dans le domaine de la recherche et la résolution de celui-ci permettra aux LCD d’atteindre une qualité d’image équivalente ou supérieure aux écrans CRT.

## BIBLIOGRAPHIE

- [Adam, 2006] Adam, P., Bertolino, P., Chassery, J.M., Lebowsky, F., “LCD Response Time Estimation”, 26<sup>th</sup> International Display Research Conference, Kent State University (Ohio), USA (2006).
- [FPDM, 2001] Video Electronics Standards Association, “Flat Panel Display Measurements Standard V2.0” (Juin 2001).
- [ISO, 1999] International Organization for Standardization, “ISO 13-406-1 : Exigences ergonomiques pour travail sur écrans de visualisation à panneaux”, (1999).
- [Kurita, 2005] Kurita, T., “Motion-Adaptive Edge Compensation to Decrease Motion Blur of hold-Type Display”, SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 36, p. 1586-1589 (2005).
- [McCarthy, 2003] McCarthy, R.I., “A Liquid Crystal Display Response Time Compensation Feature Integrated into an LCD Panel Timing Controller”, SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 34, p 1350-1353 (2003).
- [Miseli, 2004] Miseli, J., “Motion Artifacts”, SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 35, p 86-89 (2004).
- [Okumura, 1992] Okumura, H., “A New Low-Image-Lag Drive Method for Large-Size LCTVs”, SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 13, p 601-604, (1992).
- [Pan, 2005] Pan, H., Feng, X.F., Daly, S., “LCD Motion Blur Modeling and Analysis”, IEEE International Conference of Image Processing, Vol. II, p. 21-24, Genova, Italy (2005).
- [Someya, 2003] Someya, J., Okuda, N., Yoshii, H., Yamakawa, M., Oura, H., Minami, A., Tachibana, H., “A new LCD-Controller for Improvement of Response Time by Compression FFD”, SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 34, p 1346-1349 (2003).