

SONY®



ChromaTRU

ChromaTRU – Etude technique

Moniteurs professionnels LCD de Sony

www.sonybiz.net/lmd



Introduction

Depuis ces 20 dernières années, les affichages LCD sont devenus un élément essentiel de presque tous les appareils électriques, notamment calculatrices, téléphones portables, assistants personnels, jeux vidéo et écrans d'ordinateur. Bien que ces applications aient utilisé la technologie LCD principalement pour sa compacité et sa facilité de manipulation, des études et des recherches constantes ont aujourd'hui élevé la qualité de l'image sur LCD à un niveau proche de celle des écrans CRT conventionnels. Le choix de téléviseurs LCD grand public actuellement disponible sur le marché, dynamisé par des améliorations continues de l'image, montre clairement ces progrès.

Les appareils à affichage LCD actuels, utilisés par de nombreux fournisseurs de matériel vidéo professionnel, ont atteint un niveau convenable pour le contrôle d'image dans les applications de production et de broadcast. Bien que les contraintes en matière de luminosité, de contraste et d'angle de vue aient constitué un problème en leur temps, elles sont désormais à un niveau acceptable pour la plupart des applications de contrôle d'images. Pourtant, il reste un problème inhérent à tous les affichages LCD : l'absence d'égalisation des couleurs entre plusieurs moniteurs et les écarts de courbes gamma entre écrans CRT. Ces lacunes ne sauraient être négligées dans les applications haut de gamme de contrôle d'image.



Les moniteurs LCD de la série LMD* de Sony apportent une solution révolutionnaire à ces questions. Exploitant une technologie innovante, ils permettent non seulement une égalisation parfaite des couleurs entre plusieurs moniteurs LCD, mais atteignent également des caractéristiques de balance des blancs et de couleur gamma comparables à un affichage CRT.

Ce manuel présente la technologie novatrice permettant d'obtenir ces avantages et contient un glossaire sur la terminologie concernée pour faciliter la compréhension.

La lecture de ce manuel vous permettra de donner plus de poids à vos démonstrations lorsque vous avez un moniteur avec vous, mais vous permettra aussi d'expliquer logiquement le mécanisme en jeu, pour conduire vos clients à demander une démonstration.

Nous espérons que ce document vous sera d'une grande utilité dans vos activités commerciales LMD.

* Disponible pour les moniteurs LMD haut de gamme



Sommaire

Introduction	2
1 La référence des systèmes vidéo actuels : reproduction des couleurs des écrans CRT	4
2 Difficultés liées à l'utilisation de la technologie LCD dans les systèmes vidéo professionnels	5
2-1 Limitation des moniteurs LCD actuels	5
2-2 Caractéristiques des LCD à la source de ces problèmes	5
3 Solution de Sony à ces problèmes : traitement des couleurs ChromaTRU	6
3-1 Conversion de l'espace colorimétrique	6
3-2 Etalonnage de la balance des blancs	8
3-3 Résultats réels	8
3-4 Processus réel de réglage	10
4 Conclusion	11
Glossaire	12
Synthèse additive	12
Gamma	13
Température de couleur	14
Balance des blancs	14

1 La référence des systèmes vidéo actuels : reproduction des couleurs des écrans CRT

Depuis l'arrivée du premier système de broadcast, tous les composants des systèmes vidéo ont été conçus par rapport aux caractéristiques d'un système à écran CRT. Ce fut un choix naturel pendant de nombreuses années, étant donné que le téléviseur à tube cathodique (CRT) était le seul appareil capable d'afficher de la vidéo aux téléspectateurs à domicile.

L'une des considérations les plus connues concerne les caractéristiques « gamma inverse » d'une caméra de studio. Même si les caractéristiques brutes lumière sur signal montrent une relation linéaire, toutes les caméras vidéo traitent leurs signaux à l'aide d'une courbe gamma 0.45.

Ce gamma était nécessaire pour compenser la courbe de gamma de 2,2 unique aux écrans CRT et linéariser la capture d'image par rapport à l'affichage de la lumière.

La technologie actuelle offre une variété de systèmes d'affichage (LCD, plasma, EL entre autres) mais aucun ne possède les caractéristiques brutes correspondant aux affichages CRT conventionnels.

La question de l'usage éventuel de ces technologies dans un environnement professionnel est claire : comment peuvent-elles approcher les caractéristiques d'un affichage CRT ?

La technologie ChromaTRU de la série LMD a enfin apporté une réponse ferme.



2 Difficultés liées à l'utilisation de la technologie LCD dans les systèmes vidéo professionnels

2① Limitation des moniteurs LCD actuels

Pour de nombreuses raisons, notamment sa longévité, sa stabilité et le rythme de ces améliorations, la technologie LCD est devenue le choix de remplacement privilégié des écrans CRT professionnels pour tous les principaux fabricants. Toutefois, il reste des questions critiques à régler avant de franchir le pas.

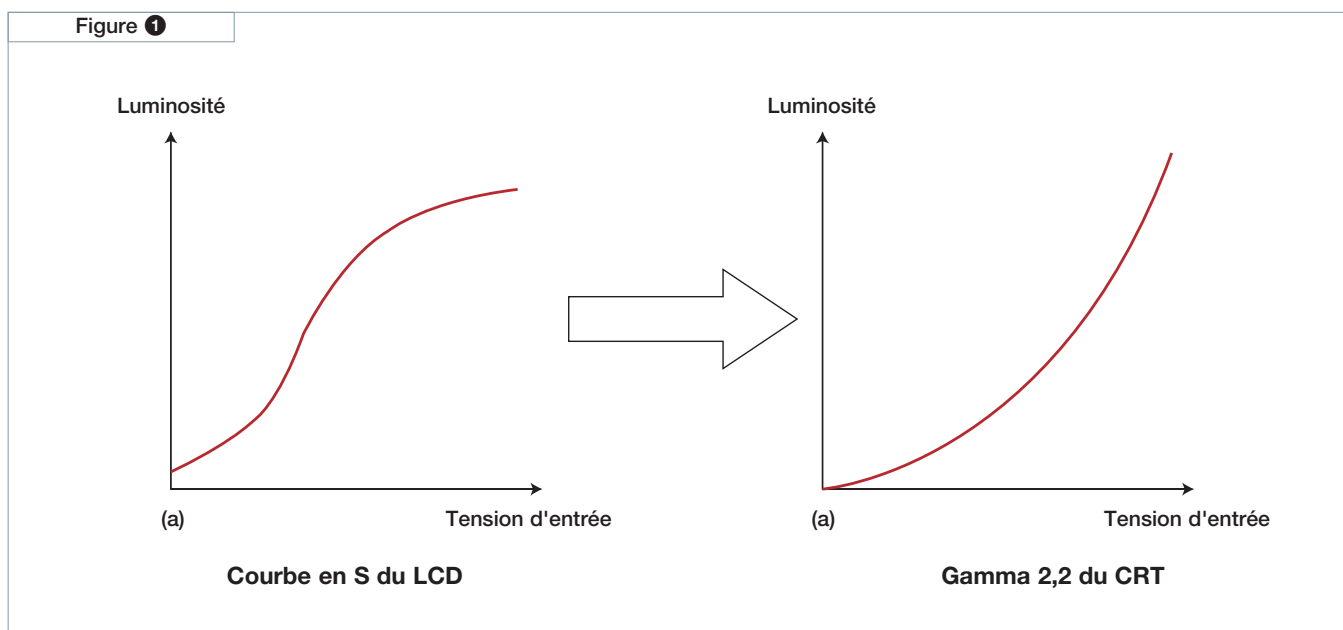
La liste suivante présente rapidement ces questions. Elles sont attribuables aux caractéristiques brutes de tous les affichages LCD.

- 1 **Température de couleur irrégulière ou décalage de température de couleur sur l'ensemble de l'échelle de gris, du noir au blanc**
- 2 **Reproduction des couleurs non uniforme d'un affichage à l'autre, même entre des modèles identiques**
- 3 **Caractéristiques de gamma compensées pour tenter d'égaliser celles d'un écran CRT, sans toutefois parvenir à obtenir un gamma identique**

2② Caractéristiques des LCD à la source de ces problèmes

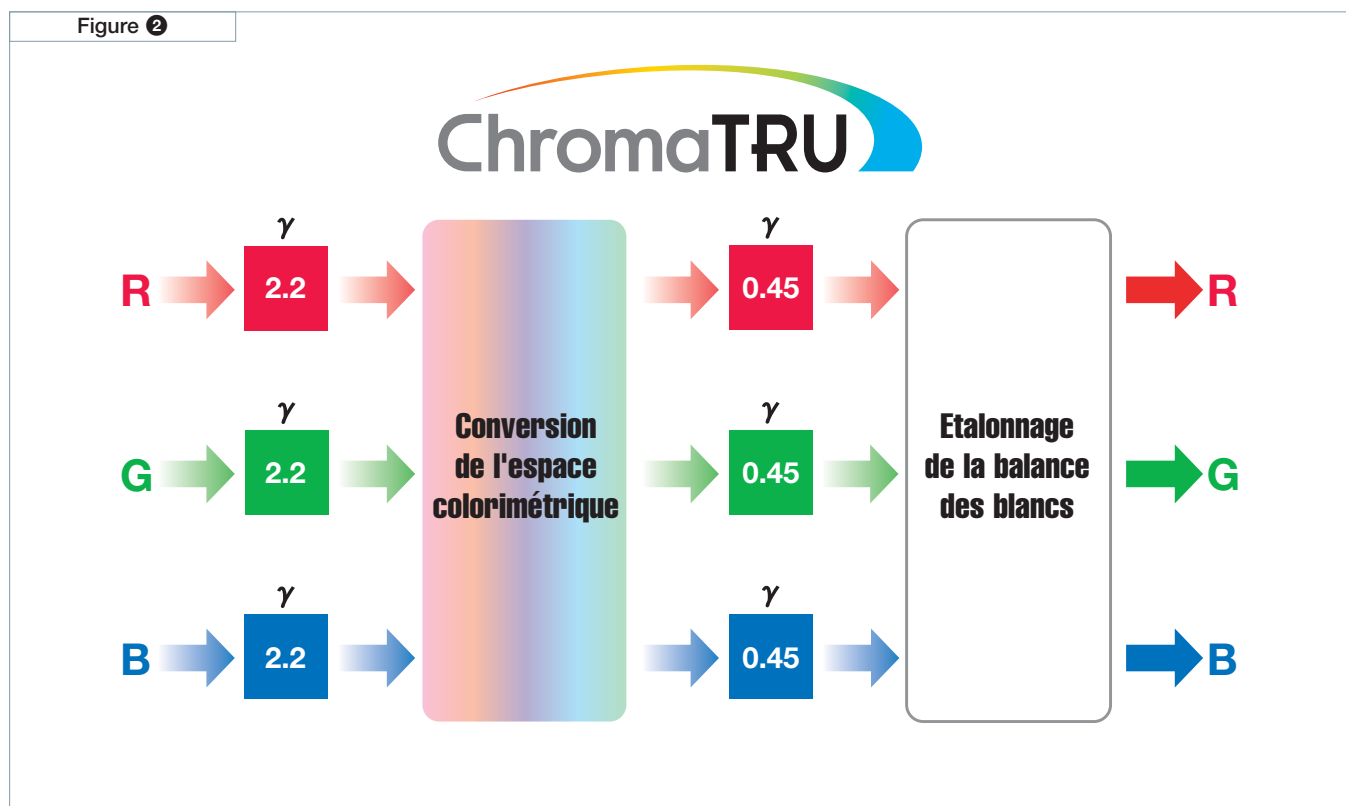
Les caractéristiques brutes de la tension d'entrée en fonction de la sortie de lumière d'un moniteur LCD produisent une courbe en forme de S, très différente du gamma d'un CRT. Difficulté supplémentaire, cette courbe en S varie d'un écran à l'autre. L'obtention d'un gamma de type CRT dépend de la précision avec laquelle cette courbe en S peut être compensée électriquement pour correspondre à un gamma de 2,2. Qui plus est, outre la quantité importante de compensation, cette dernière doit être effectuée entre deux courbes non linéaires, ce qui représente une difficulté supplémentaire.

Deuxième problème, les écrans CRT utilisent des pastilles de phosphore de couleur et les affichages LCD des filtres RVB pour reproduire les couleurs. Bien que des filtres RVB extrêmement purs soient utilisés dans les moniteurs LCD professionnels, ce mécanisme différent représente une raison supplémentaire pour laquelle la couleur d'un affichage LCD ne correspond pas parfaitement à celle d'un CRT, que ce soit sur un moniteur vidéo ou sur la carte colorimétrique CIE.



3 Solution de Sony à ces problèmes : traitement des couleurs ChromaTRU

Des recherches intensives de Sony ont mené au développement d'une méthode permettant de surmonter ces problèmes : le traitement ChromaTRU. Cette technologie innovante d'étalonnage des couleurs élimine ces écarts. Le diagramme ci-dessous illustre de manière simplifiée cette technologie ChromaTRU.



3① Conversion de l'espace colorimétrique

La technologie ChromaTRU comprend deux processus principaux. Le premier s'appelle « conversion de l'espace colorimétrique ».

Les coordonnées colorimétriques des filtres RVB d'un affichage LCD ne correspondent pas à celle des phosphores RVB d'un écran CRT sur la carte colorimétrique CIE. Ce constat s'applique à tous les affichages LCD. Comme ces couleurs primaires RVB sont à la base de la

reproduction des couleurs dans la synthèse additive, il est impossible d'obtenir la même couleur avec les deux technologies pour le même signal d'entrée RVB (voir Figure-3). Cet écart colorimétrique varie également d'un affichage à l'autre, car les filtres de couleur et le rétroéclairage de chaque dalle LCD présentent des caractéristiques différentes même dans une série de modèles.

Pour compenser cette non-correspondance de couleurs entre les filtres de couleurs du LCD et les phosphores du CRT, la conversion de l'espace colorimétrique crée de manière électrique de nouvelles couleurs primaires à partir des couleurs primaires natives du filtre, qui simulent les phosphores RVB. Ce résultat est obtenu à l'aide d'une matrice de conversion colorimétrique personnalisée pour chaque dalle LCD. Bien que l'espace colorimétrique devienne légèrement plus petit qu'un CRT, ces nouvelles couleurs primaires produisent une émission de lumière par la dalle LCD identique à celle d'un CRT. Les couleurs primaires RVB sont traitées comme des signaux linéaires ;

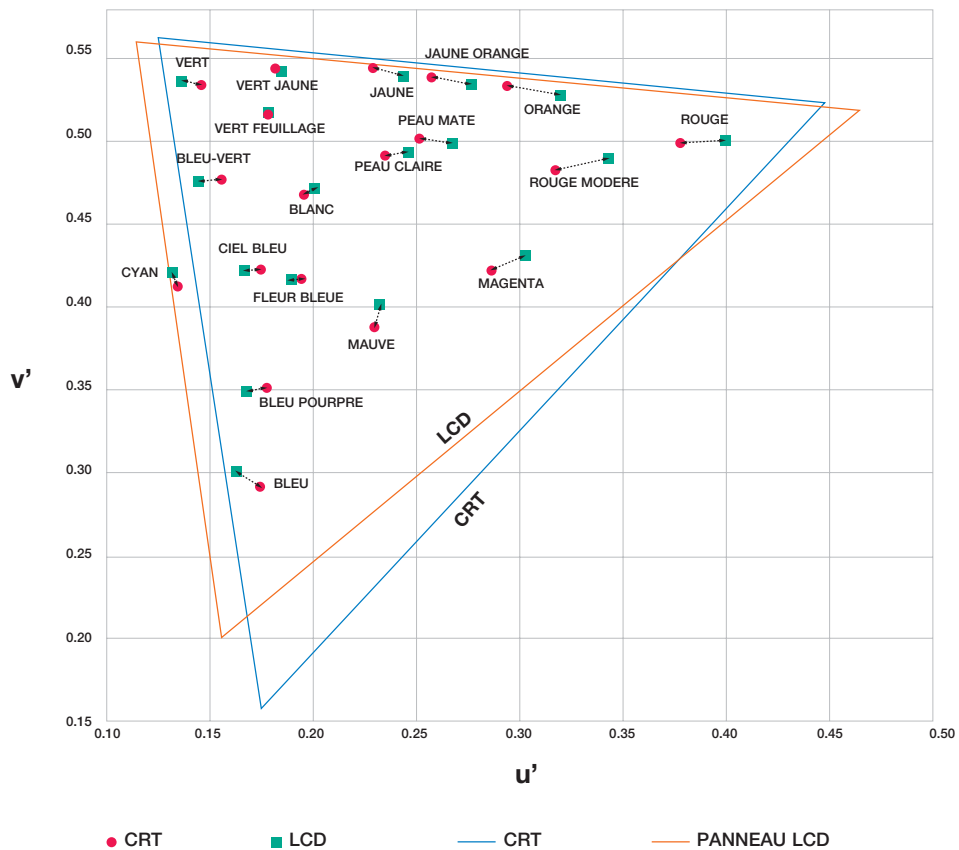
par conséquent, la conversion de l'espace colorimétrique doit également être réalisée dans le domaine linéaire.

Comme les signaux vidéo sont soumis à un gamma de 0,45 dans la caméra, les signaux RVB en entrée de la conversion de l'espace colorimétrique doivent être rétablis à leur forme linéaire en appliquant un gamma de 1/0,45 (2,2). Dans le traitement ChromaTRU, cette conversion est effectuée avec une extrême précision pour éviter toute dégradation. Une fois que la matrice de conversion de l'espace colorimétrique a calculé les nouvelles couleurs primaires, les signaux RVB sont reconvertis dans leur forme non linéaire, là encore avec une grande précision.

Figure 3

COORDONNÉES COLORIMÉTRIQUES CIE

Le graphique CIE u'v' sert à évaluer la sortie de lumière des affichages. Dans ce diagramme, la sortie de lumière brute d'un LCD est comparée à celle d'un CRT. Les surfaces triangulaires illustrent leur capacité respective de reproduction des couleurs (espace colorimétrique). Les points verts et rouges indiquent la couleur de la sortie de lumière à partir d'un LCD et d'un CRT pour certains signaux d'entrée RVB. Notez qu'une entrée vidéo donnée ne produit pas la même couleur de lumière.



3 Solution de Sony à ces problèmes : traitement des couleurs ChromaTRU

3② Etalonnage de la balance des blancs

Après conversion de l'espace colorimétrique, un deuxième processus important nommé « étalonnage de la balance des blancs » est appliqué. Ce processus joue deux rôles essentiels : il compense les écarts de gamma entre le panneau LCD et les écrans CRT standard, et élimine les éventuels imprécisions de balance des blancs constatées en général avec les moniteurs LCD. Avec les moniteurs LCD conventionnels, le réglage de la balance des blancs est une tâche difficile. En effet, les caractéristiques natives d'un écran LCD, associées à ses filtres de couleur, sont telles que la température de couleur se décale légèrement en fonction du niveau de luminance du signal d'entrée, quelle que soit la température de couleur réglée sur le moniteur.

En général, le réglage de la balance des blancs équilibre correctement toutes les autres couleurs. En d'autres termes, les courbes gamma des canaux RVB doivent être identiques, car un rapport constant doit être maintenu entre eux.

En d'autres termes, la sortie de lumière entre les sous-pixels RVB du LCD doit suivre le même rapport pour tous les niveaux vidéo. Dans l'étalonnage de la balance des blancs ChromaTRU, un nombre considérable de 208 points de compensation sont mesurés et utilisés, du noir au blanc, pour fixer et maintenir une température de couleur uniforme. Dans le même temps, chaque canal RVB est ajusté avec précision pour suivre un gamma de 2,2 comparable à un CRT. Cette nouvelle fonction d'étalonnage de la balance des blancs, associée à la conversion de l'espace colorimétrique détaillée plus haut, permet de faire correspondre les couleurs entre plusieurs moniteurs LCD, avec des caractéristiques de gamma identiques aux CRT.

3③ Résultats réels

L'effet du traitement ChromaTRU est visible sur le graphique u'v' CIE. Une fois CSC*¹ et WBC*¹ activés, les moniteurs LCD de la série LMD*² reproduisent des couleurs presque identiques aux affichages CRT. Dans le graphique ci-contre, la plupart des points jaunes (CRT) et bleus (CSC + WBC) sont placés au même endroit, ce qui signifie que la même sortie de lumière est obtenue pour la même entrée vidéo.

*1 A partir d'ici, la conversion de l'espace colorimétrique et l'étalonnage de la balance des blancs sont abrégés respectivement par CSC (Colour Space Conversion) et WBC (White Balance Calibration).

*2 Disponible pour les moniteurs LMD haut de gamme

Figure 4

GRAPHIQUE CIE AVEC EXEMPLES DE COULEUR

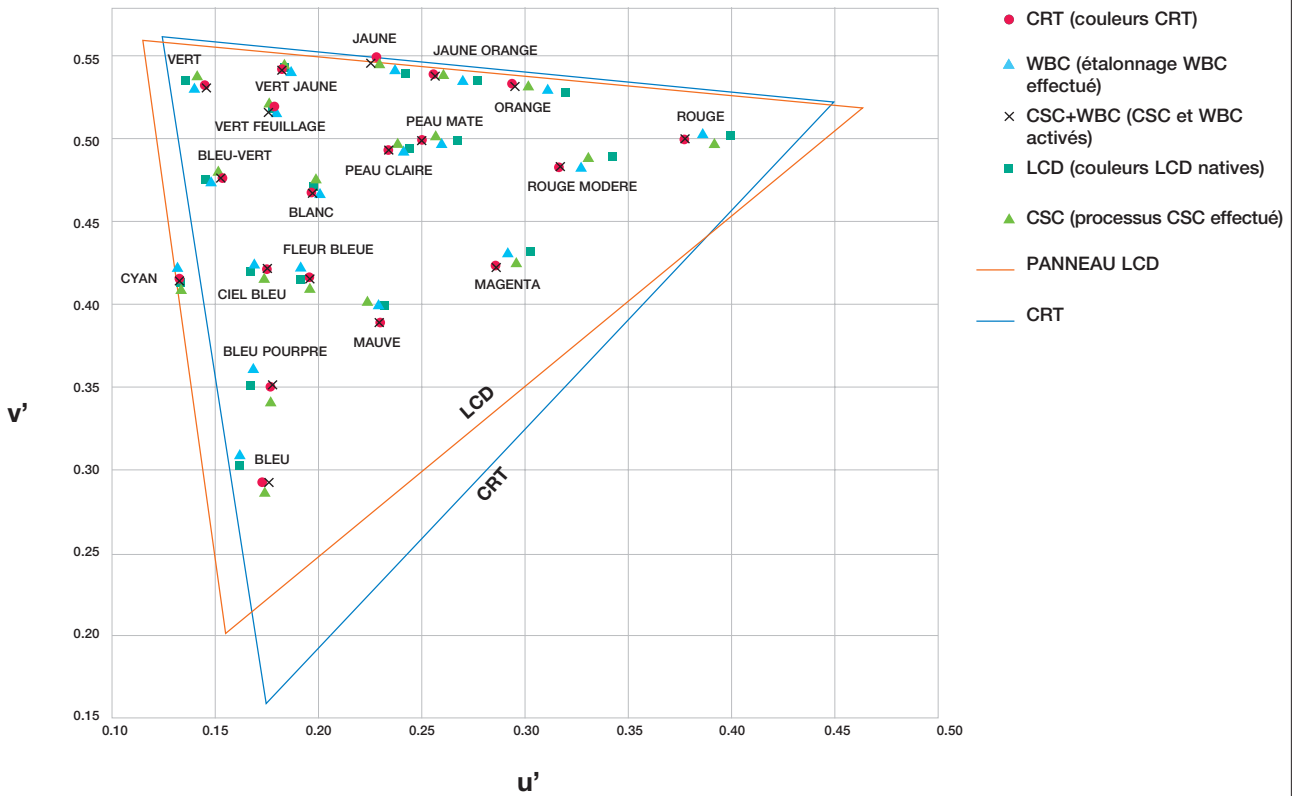
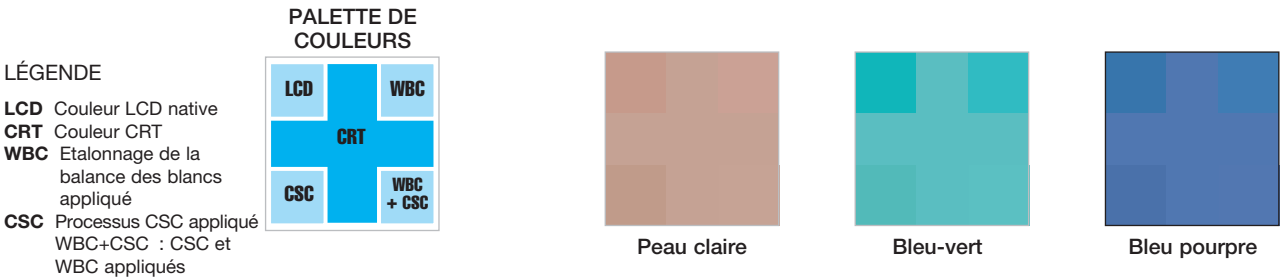


Figure 5

Comparaisons de couleur entre CRT et LCD, avec application de différentes combinaisons de CSC et WBC. Les rectangles de couleur indiquent que les couleurs LCD obtenues à l'aide de WBC+CSC (coin inférieur droit) sont pratiquement identiques aux couleurs reproduites par un affichage CRT (surface centrale).



3 Solution de Sony à ces problèmes : traitement des couleurs ChromaTRU

③④ Processus réel de réglage

Comme exposé plus haut, les caractéristiques colorimétriques natives d'un panneau LCD sont très différentes de celles d'un affichage CRT. Elles sont également différentes d'un panneau LCD à l'autre. Le processus ChromaTRU (conversion de l'espace colorimétrique et étalonnage de la balance des blancs) consiste à générer une tension de pilotage du LCD qui affiche le signal RVB d'entrée comme il serait vu sur un CRT. Dans la figure ci-dessous, cette tension de pilotage du LCD est indiquée sous la forme R'', V'', B''. La sortie de CSC est indiquée sous la forme R', V', B'. Il est essentiel de noter que CSC est un processus matriciel et que le même calcul de conversion est appliqué à tous les niveaux d'entrée RVB. Au contraire, l'étalonnage de la balance des blancs est un processus de conversion qui diffère pour chaque valeur du signal RVB ; par conséquent, une table de recherche (matrice de correspondance numérique) est utilisée. Cette table fait correspondre les valeurs des signaux R'V'B' après correction de l'espace colorimétrique aux valeurs des signaux R''V''B'' après correction de la balance des blancs, en l'occurrence les signaux qui pilotent l'affichage LCD. En réalité, la table de recherche possède 208 variations de correspondance.

Comme mentionné ci-dessus, les coefficients matriciels de CSC et les valeurs de la table de recherche pour l'étalonnage de la balance des blancs sont calculés avec précision pour chaque panneau LCD au stade de la production. Ce calcul est réalisé en mesurant la sortie

lumineuse brute du panneau LCD*1, puis en la comparant avec la sortie qui serait obtenue si la même entrée RVB était affichée sur un écran CRT. Une analyse sophistiquée examine les résultats de cette comparaison*2, puis définit les coefficients matriciels et les valeurs de la table de recherche corrects. Une fois ces données calculées, elles sont enregistrées dans la mémoire du panneau LCD à partir du système d'analyse. Ainsi, la matrice de conversion de l'espace colorimétrique et la table de recherche de la balance des blancs sont optimisées pour un panneau donné.

*1 Sortie lumineuse sans conversion de l'espace colorimétrique ni étalonnage de la balance des blancs

*2 En réalité, la sortie lumineuse de chaque canal RVB est comparée selon ses coordonnées CIE x/y et ses coordonnées CIE u'/v'..

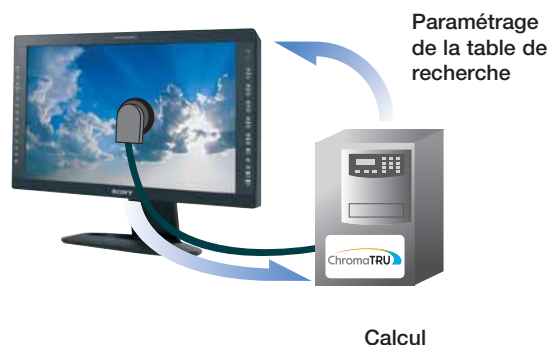


Figure 6

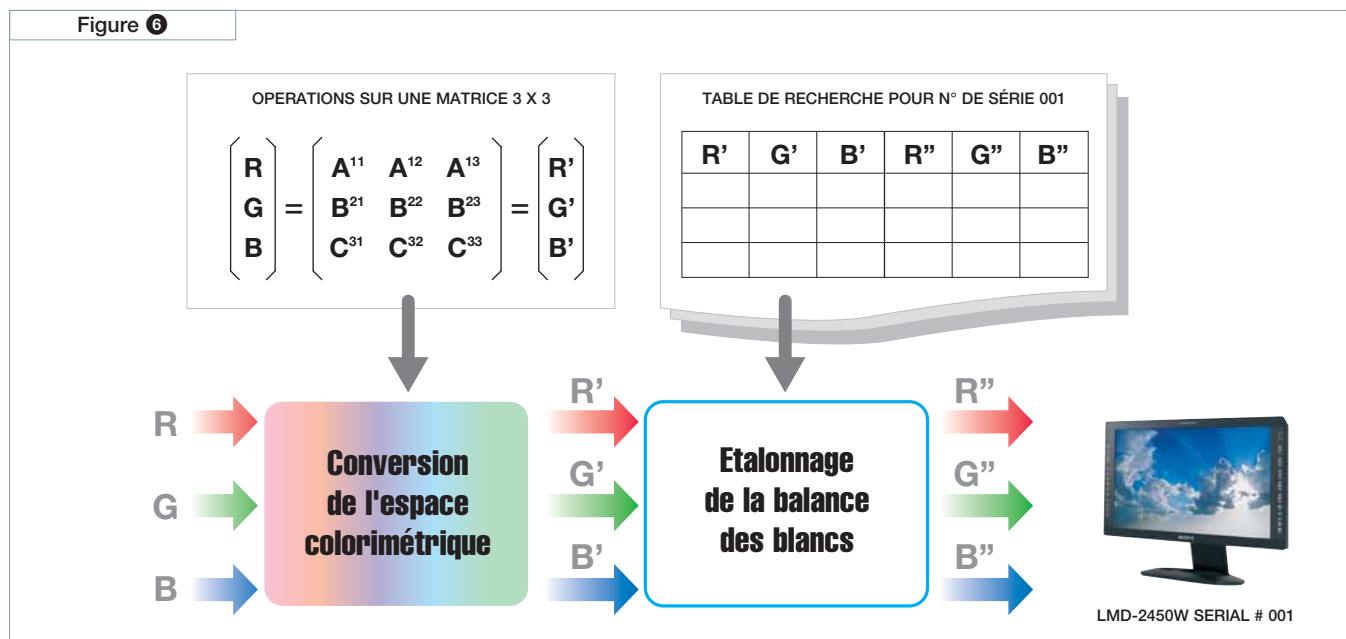
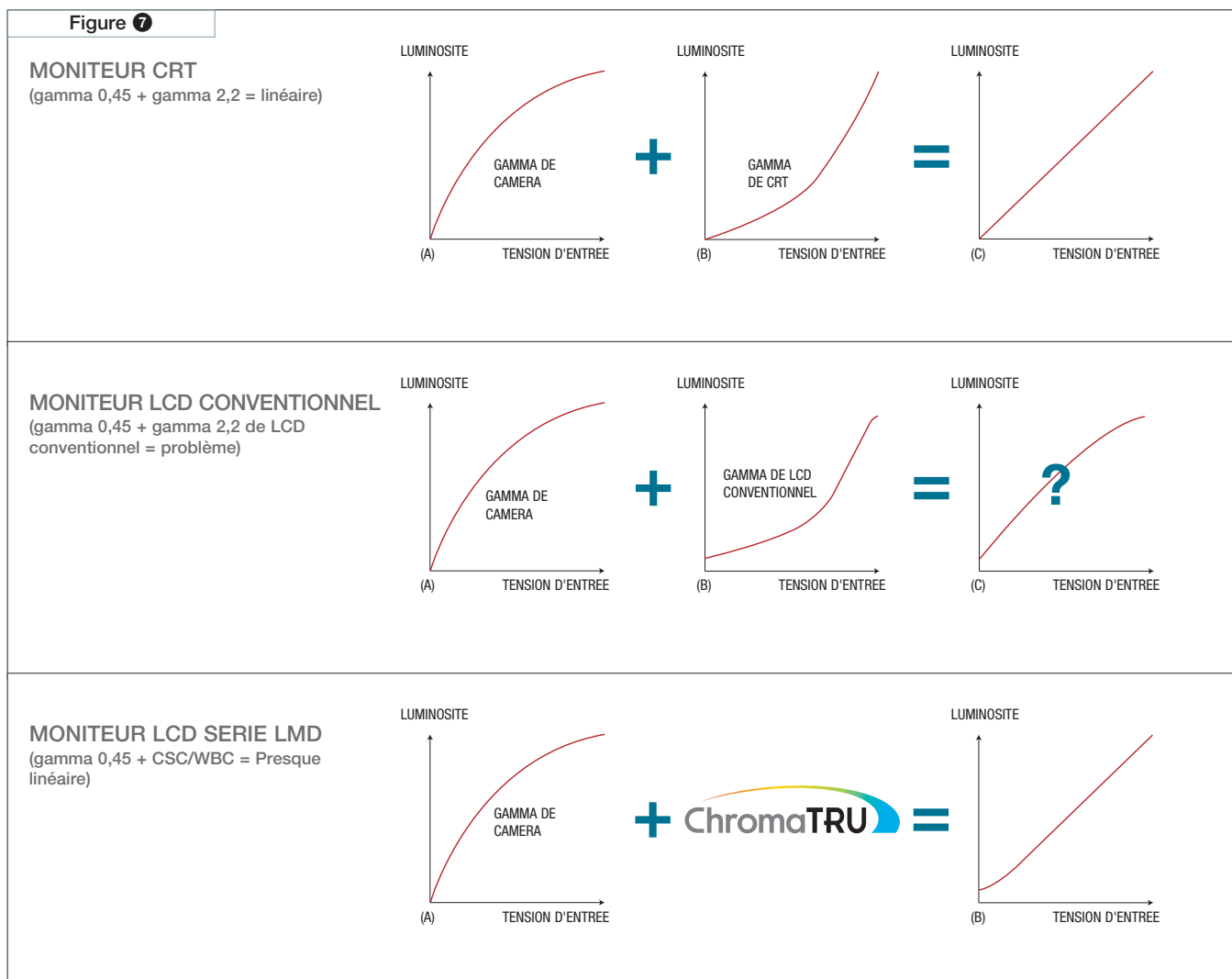


Figure 7



4 Conclusion

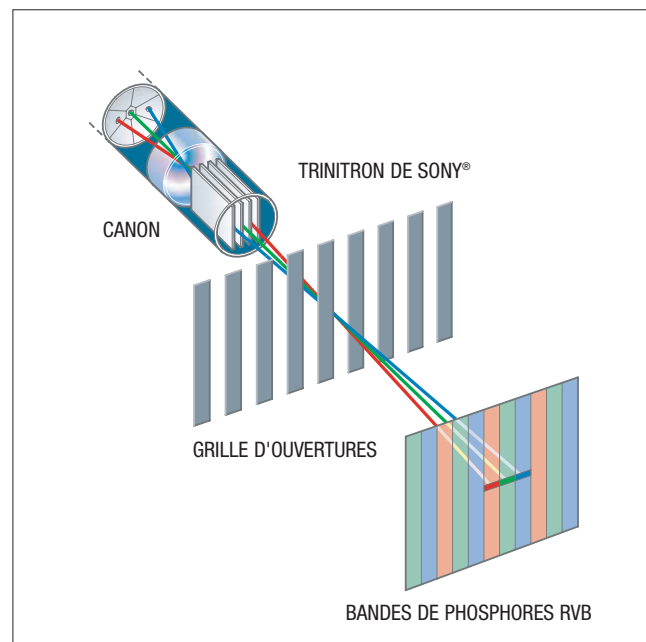
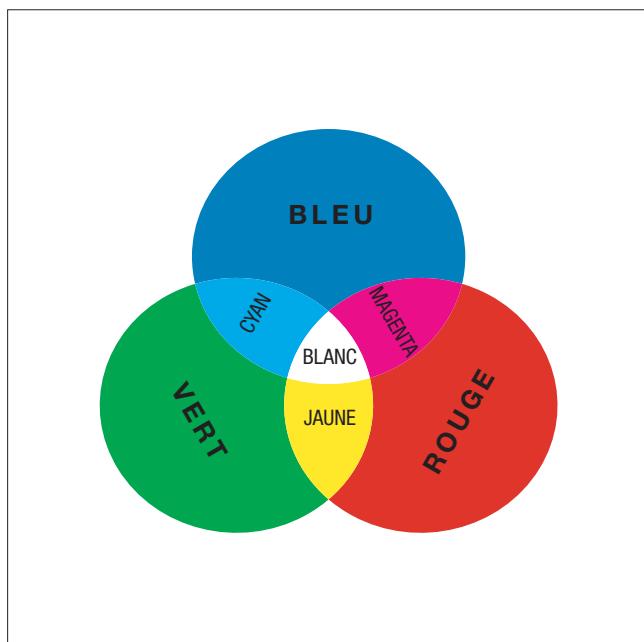
Les différentes caractéristiques colorimétriques des affichages LCD et leurs différences d'un panneau à l'autre ont compliqué leur positionnement comme remplacement des écrans CRT. La technologie ChromaTRU de Sony surmonte désormais cette difficulté : elle offre à l'univers du contrôle vidéo professionnel en LCD une reproduction des couleurs identique à celle d'un CRT, ainsi qu'une correspondance colorimétrique précise d'un panneau à l'autre.

Glossaire

SYNTHESE ADDITIVE

Avant la naissance du système vidéo couleur, des expériences en colorimétrie avaient démontré que la plupart des couleurs visibles par l'œil humain pouvaient être composées à partir de trois couleurs primaires : rouge (R), vert (V) et bleu (B). Ce phénomène reste vrai pour la séparation d'une couleur donnée : en effet, chaque couleur peut être séparée selon une association quantitative de ces trois composantes primaires. Ce principe s'appelle la synthèse additive. Le mécanisme de reproduction des couleurs sur un moniteur d'images repose sur ce principe et constitue un bon exemple pour comprendre la synthèse additive. Dans le tube cathodique d'un moniteur vidéo CRT, trois canons R, V et B émettent chacun des électrons (faisceau d'électrons) correspondant à la quantité des composantes R, V et B de la couleur à reproduire. Cette excitation produit une lumière rouge, verte et bleu sur chacune des pastilles de phosphore R, V et B, dont l'intensité est proportionnelle au faisceau d'électrons correspondant. Pour l'œil humain, ces couleurs sont perçues comme un seul faisceau lumineux, dont la couleur appropriée est reproduite lorsqu'elle est vue à une certaine distance.

Le mécanisme d'une caméra couleur est l'inverse d'un moniteur d'images. La lumière qui entre dans l'objectif de la caméra est d'abord séparée en ces trois couleurs primaires R, V et B par un système à prismes. Ces composantes de couleur sont converties en signaux de tension R, V et B sur leurs capteurs d'images R, V et B associés (CCD ou CMOS). Les signaux R, V et B sont ensuite traités pour obtenir les formats de signaux appropriés et créer le signal vidéo de sortie.



GAMMA

Gamma (γ) est une valeur numérique indiquant les caractéristiques de réponse entre la luminosité d'un affichage (CRT ou écrans plats) et sa tension d'entrée. Les tubes cathodiques CRT, en raison de leur mécanisme à faisceaux, présentent une caractéristique dans laquelle la luminosité de l'affichage CRT est une fonction exponentielle et non proportionnelle de la tension d'entrée (Figure-8 (A)). L'exposant décrivant cette relation est le gamma du CRT, qui vaut en général environ 2,2. Mathématiquement, cette valeur gamma est exprimée selon l'équation suivante :

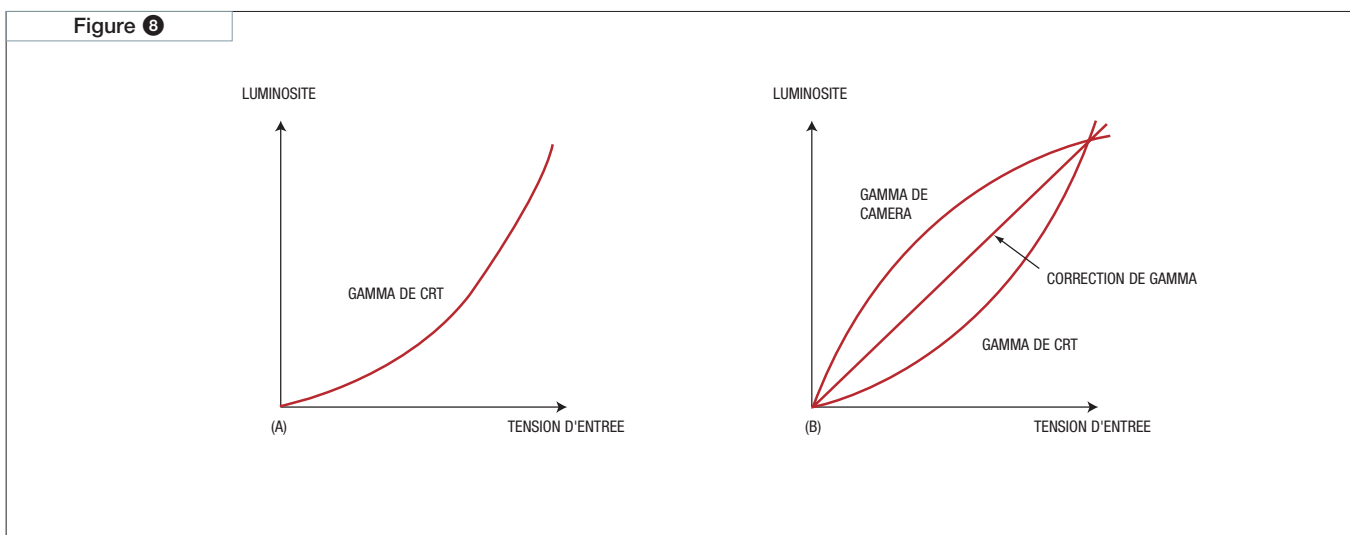
$$L = V^\gamma$$

où L représente la luminosité du CRT et V la tension d'entrée.

Sur un écran CRT, les zones sombres d'un signal paraîtront beaucoup plus sombres qu'en réalité, alors que les zones claires sembleront beaucoup plus lumineuses qu'elles ne devraient l'être.

Bien sûr, les systèmes vidéo doivent obéir à une relation linéaire entre le dispositif de capture lumineuse et le dispositif de sortie lumineuse. Ainsi, les caractéristiques exponentielles du CRT doivent être compensées à un moment de la chaîne de traitement du système. Cette compensation s'appelle correction gamma ; elle est réalisée dans le dispositif de capture d'images, en l'occurrence la caméra.

L'objectif de la compensation d'un gamma de CRT consiste à créer un signal en sortie de la caméra inversement proportionnel au gamma du CRT. De cette manière, la lumière qui pénètre dans la caméra sera proportionnelle à la luminosité du tube CRT. En d'autres termes, la caméra doit donc appliquer une correction gamma d'environ $1/\gamma$. L'exposant γ' ($1/\gamma$) est ce qu'on appelle le gamma de la caméra, qui vaut environ $1/2,2$, soit 0,45.



Glossaire

TEMPÉRATURE DE COULEUR

La température de couleur est un paramètre utilisé pour décrire la distribution spectrale de la lumière émise par une source lumineuse. Pour les moniteurs vidéo ou d'ordinateur, elle sert à définir leur couleur d'exploitation de base, qui se mesure avec la couleur blanche. Les sources lumineuses ou les moniteurs dont les températures de couleur sont faibles semblent plus rougeâtres, alors que ceux dont les températures de couleur sont élevées semblent bleutés.

Pour comprendre pourquoi la couleur d'un moniteur est décrite par une température, certaines notions de colorimétrie sont nécessaires.

Les chercheurs en colorimétrie ont découvert que la distribution spectrale de la lumière émise par un morceau de carbone (corps noir absorbant tous les rayonnements sans transmission ni réflexion) est déterminée uniquement par sa température. Chauffé au-delà d'une certaine température, le carbone commence à rougeoier et émet un spectre de lumière spécifique à cette température. Cette découverte a amené les chercheurs à utiliser la température du carbone chauffé comme référence pour décrire différents spectres lumineux. On l'appelle la température de couleur.

Pour revenir à notre sujet, il peut sembler étrange qu'une « température » serve à décrire la couleur blanche de fonctionnement de base d'un moniteur. Pourtant, comme précisé ci-dessus, la température de couleur peut décrire la distribution spectrale de différents tons à l'aide d'une seule valeur de température. Cette approche est pratique pour décrire la distribution spectrale de la couleur blanche d'un moniteur, c'est-à-dire la couleur qui détermine la couleur globale de l'image d'un moniteur. Par exemple, si un moniteur est réglé pour afficher des images dans des tons rougeâtres, ce réglage peut être précisément exprimé à l'aide de la température de couleur du moniteur.

Source lumineuse	Température de couleur (env.)
------------------	----------------------------------

Lumière du ciel	12000 K – 18000 K
Lumière du soleil à midi	4900 K – 5800 K
Lever et coucher du soleil	3000 K
Lampe halogène 12 V/100 W	3200 K
Bougie	2900 K

BALANCE DES BLANCS

Pour obtenir une reproduction régulière des couleurs sur un moniteur, ce dernier doit conserver la même température de couleur sur l'ensemble de l'échelle de gris. En d'autres termes, le moniteur doit produire le même ton pour tous les niveaux de luminance du blanc, du noir au gris, sur 100 % de blanc. On appelle ce paramètre la balance des blancs.

La balance des blancs d'un moniteur est réglée pendant la production pour des températures de couleur standard ; son ajustement par l'opérateur n'est en général pas nécessaire. Par exemple, si l'opérateur choisit une température de couleur de 6 500 K pour son moniteur, ce dernier conserve la même balance des blancs - qui se traduit par une température de couleur de 6 500 K - sur l'ensemble de l'échelle de gris.

En revanche, les moniteurs professionnels permettent le réglage de la balance des blancs et de la température de couleur si le paramétrage souhaité de la température de couleur n'est pas prédéfini dans le moniteur.

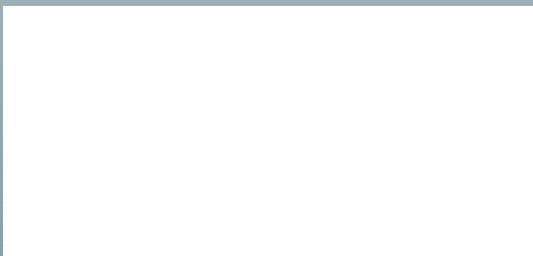
Dans le cas des moniteurs LCD, la balance des blancs avait tendance à se décaler en fonction du niveau de luminance du signal, ce qui compliquait l'égalisation des couleurs entre les moniteurs. Ce problème est désormais résolu à l'aide de la technologie ChromaTRU de Sony.

SONY®



ChromaTRU

SONY FRANCE S.A., capital 122 231 495 €, RCS NANTERRE B 712 034 800 — black vert, RC Paris 73 B 041 67



© 2007 Sony Corporation. Tous droits réservés. La reproduction de tout ou partie de ce document sans autorisation préalable est interdite. Les caractéristiques et spécifications peuvent être modifiées sans préavis. Toutes les valeurs non métriques sont approximatives. Sony, Trinitron et ChromaTRU sont des marques de Sony Corporation. Toutes les autres marques appartiennent à leurs propriétaires respectifs.

CA ChromaTRU-Technical Review/FR- / 2007