

HDR

Le HDR ou *HIGH DYNAMIC RANGE* désigne les technologies et les traitements permettant de produire des images avec une échelle étendue de contraste ; une image HDR à haut contraste reproduit plus de nuances dans les zones faiblement éclairées (noirs et ombres), dans celles de hautes luminosités (éclairages et reflets) et respecte mieux les écarts entre les surfaces très claires et les éclairages et reflets plus intenses. Il existe des procédés HDR multiples pour le cinéma et pour la télévision.

Une TECHNOLOGIE D'IMAGE D'AVENIR

Il est vraisemblable que dans les années qui viennent, ce procédé devrait se déployer sur les écrans de toutes tailles qui nous entourent au quotidien ; smartphones, tablettes, ordinateurs, moniteurs, téléviseurs et écrans de cinéma. Pour aborder le sujet du HDR, il faut avant tout rappeler qu'il existe une différence de principe entre la technologie d'écran actif et la technologie d'écran passif. Dans les deux principaux champs d'application de la vidéo et du cinéma associés à ces principes, on compte à ce jour plusieurs propositions techniques concurrentes ; elles présentent des caractéristiques différentes qui peuvent conduire à de nouveaux questionnements.

UHD, 4K & CO

Les derniers progrès techniques ont donné aux grands écrans la capacité de reproduire des détails d'une très grande finesse ; le 4K désigne pour le cinéma numérique la possibilité d'afficher des images avec une résolution de 4096 (soit 4K) pixels par ligne. Le terme est parfois employé pour désigner la résolution voisine de 3840 pixels de l'UHD-TV, qui garde par ailleurs le format 16/9 de la HDTV. D'autres avancées portent sur un espace des couleurs reproductibles plus étendu, symbolisé par le sigle WCG (*Wide Color Gamut*), uniquement pour la télévision, sur une meilleure restitution du mouvement, avec des cadences d'images supérieures, appelée HFR (*High Frame Rate*) et l'abandon de l'entrelacement des images pour la vidéo. Enfin, le HDR (*High Dynamic Range*), porte sur une amélioration du contraste des images. Sa mise en œuvre diffère selon qu'elle s'applique aux écrans vidéo actifs ou aux systèmes de projection, pour des programmes enregistrés et postproduits ou des retransmissions en direct.

AVEC LE SOUTIEN DU CNC

Par opposition au HDR ou *HIGH DYNAMIC RANGE*, on dénomme SDR, ou *STANDARD DYNAMIC RANGE*, la distribution et la restitution traditionnelle de l'image, en mettant l'accent sur le contraste.



PROFONDEUR DE CODAGE

Il y a une différence essentielle entre la distribution en cinéma numérique et en Broadcast qui concerne la profondeur de codage et en particulier le nombre de bits.

⊙ Le codage en cinéma numérique se fait sur 12 bits soit 4096 niveaux par primaire. Pour passer du SDR au HDR, la distribution en cinéma a recours à une répartition différente des intensités sur les niveaux de codage disponibles.

⊙ Le codage en Broadcast, côté diffusion, a été limité à 8 bits par primaire, soit 256 niveaux. Pour obtenir une restitution HDR, la technologie du Broadcast doit dans un premier temps passer à une profondeur de bit plus importante, 10 ou 12 bits. Il faut ensuite utiliser une répartition des intensités qui permette le rendu HDR ; c'est la fonction des EOTF.

MODES DE DIFFUSION

Une autre différence entre le cinéma et la télévision concerne la gestion des systèmes de restitution. Il y a un nombre considérablement plus élevé de postes de télévision que de salles de cinéma.

⊙ La méthode de distribution cinématographique se fait par consensus et concerne un nombre limité de fabricants d'encodeurs, de décodeurs et de projecteurs. L'introduction du HDR passe par un nombre limité de systèmes, deux aujourd'hui, qui doivent anticiper la stratégie de renouvellement des matériels des salles.

⊙ L'évolution des écrans de télévision se fait dans un contexte très concurrentiel. Le renouvellement des écrans par l'utilisateur est beaucoup moins contrôlable. Le concept de rétrocompatibilité est considéré comme important par certains fournisseurs de contenus (BBC, NHK). D'autres acteurs, fournisseurs de matériels, privilégient des systèmes nouveaux. Les stratégies marketing prennent une place importante.

Le HDR s'applique aux technologies de restitution réflexives, pour les projections, ou émissives, pour les écrans plats. Trois cas principaux se présentent.

ÉCRANS PLATS DOMESTIQUES

Les conditions d'éclairage ambiant en situation domestique ne peuvent pas être contraintes ; la lumière ambiante peut être relativement élevée et les surfaces environnantes ne sont pas obligatoirement sombres. Pour restituer un plus grand contraste, les téléviseurs HDR fournissent une intensité maximale plus élevée. On trouve des intensités maximales de 1000 cd/m² jusqu'à 2000 cd/m² et même au-delà.

PROJECTION CINÉMATOGRAPHIQUE

Les spécifications du cinéma numérique imposent une luminosité maximale sur l'écran de 48 cd/m². Elles fournissent également des recommandations pour limiter la lumière ambiante dans la salle en évitant l'utilisation de surfaces claires ou réfléchissantes.

Les puissances lumineuses des projecteurs ne permettent pas d'obtenir des éclairages maxima très élevés sur les surfaces très étendues des écrans de cinéma. Les deux systèmes HDR cinématographiques proposent à peu près la même intensité maximale de 103 cd/m².

FUTURS SYSTÈMES ÉMISSIFS EN SALLE

L'utilisation d'écrans plats émissifs pour les salles de cinéma est une technologie envisagée pour le futur. Il est difficile de prévoir aujourd'hui quelles seront les intensités maximales proposées par ces systèmes. Les noirs rendus par ces écrans sont plus bas que le noir obtenu aujourd'hui en projection. Plus l'intensité maximale sera élevée, plus il sera possible de séparer les zones claires intermédiaires des éclairages directs et des reflets.

L'intensité maximale atteignable est également dépendante de la puissance électrique disponible et acceptable financièrement. L'utilisation de luminosités beaucoup plus importantes est possible, mais cela nécessitera une évolution des standards.

CORRÉLATION AVEC LE WCG

Il ne faut pas confondre les deux progrès technologiques. Le HDR concerne l'amélioration du contraste et le WCG nécessite l'extension de l'espace couleur reproductible.

⊙ Le WCG ne peut être obtenu que par l'amélioration des systèmes de restitution, écrans plats ou projecteurs. Le cinéma numérique avait déjà défini et utilisé un espace couleur plus large que le Broadcast. Pour l'instant, un standard Broadcast (Rec.2020) a défini un espace couleur encore plus grand ; celui-ci sert d'espace de codage, mais il n'est pas entièrement couvert par les écrans actuels.

⊙ Cependant, une restitution HDR donne un meilleur rendu couleur que le SDR. Les teintes très claires sont en effet codées à des valeurs inférieures. Ces teintes sont restituées avec une meilleure saturation couleur qu'en SDR.

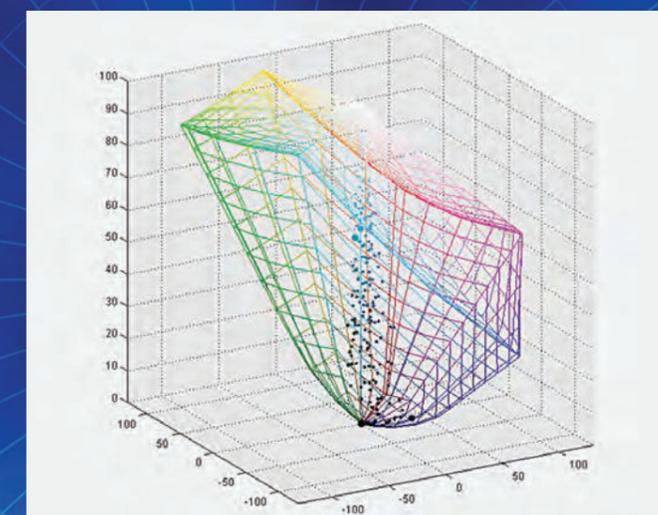
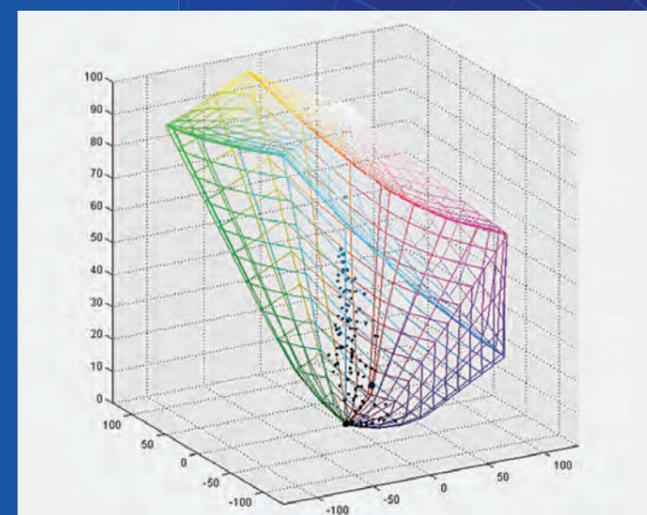
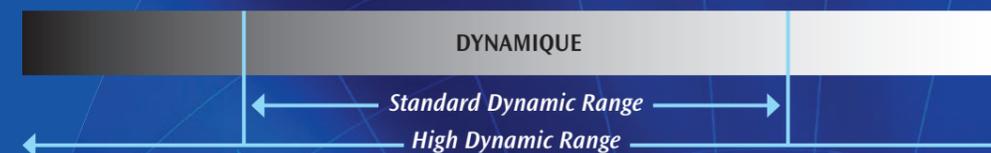
La diffusion du direct en HDR pose des problèmes spécifiques. La diffusion en HDR d'une œuvre étalonnée, de fiction ou de stock, est très différente.

RETRANSMISSION HDR MULTICAMÉRA EN DIRECT

En direct, le HDR permet de restituer des détails, visibles sur place, qui n'étaient pas retransmis par le SDR. L'exemple le plus classique est la retransmission d'un match de football en plein jour avec une partie du stade dans l'ombre et l'autre partie au soleil. Pour cet exemple, en SDR, le choix (exprimé de façon un peu caricaturale) est binaire :

⊙ Soit le réglage des caméras est fait pour la partie à l'ombre ; pour la partie ensoleillée, il y a très peu de nuances, tout paraît brûlé.

⊙ Soit le réglage des caméras est fait pour la partie au soleil ; pour la partie à l'ombre tout paraît noir avec très peu de détails. En utilisant des caméras et une restitution HDR, la latitude de contraste permet de rendre des nuances à la fois pour la partie à l'ombre et pour la partie au soleil. Il est possible d'utiliser des plans larges incluant les deux parties ou de faire des panoramiques passant d'une partie à l'autre sans modifier sensiblement le réglage des caméras. Pendant une période de transition, la difficulté principale est de satisfaire à la fois une diffusion SDR et une diffusion HDR ; on parle de « simulcast ».



FICTION OU STOCK EN HDR AVEC ÉTALONNAGE

Pour les programmes scénarisés tournés avec une seule ou un nombre limité de caméras, une étape d'étalonnage détermine le rendu des images pour les fictions et autres programmes de stock.

La technologie HDR permet une plus grande latitude de choix créatifs. Il reste que les choix d'étalonnage sont au service de la création ; le contraste plus élevé permet de nouvelles possibilités. En voici trois exemples :

⊙ Un plan d'intérieur jour : le HDR permet de garder les gradations de tonalités à l'intérieur tout en laissant la possibilité de rendre des nuances très claires de l'extérieur visibles à travers une découverte.

⊙ Un plan d'extérieur jour : le HDR permet d'exposer l'extérieur de façon normale tout en gardant plus de nuances dans les parties à l'ombre. Les reflets très lumineux peuvent aussi être rendus plus brillants que le reste de la scène.

⊙ Un plan d'extérieur nuit : le HDR permet de séparer nettement les lumières et les zones claires éclairées par celles-ci.

TERMES, SIGLES ET ACRONYMES EMPLOYÉS POUR PARLER DU HDR

Ce petit lexique a pour but de vous éclairer sur le jargon de la lumière à l'image ; les termes anglo-saxons sont signalés en italique.

On peut trouver aussi un glossaire anglais des termes techniques des industries Broadcast et médias sur iabmglossary.com.

→ **Advanced HDR** : technologies de production, distribution et rendu de signaux HDR développées par la firme française Technicolor. La dénomination commerciale *Advanced HDR by Technicolor* s'applique aux composants intégrés dans les équipements « grand public » (principalement décodeurs numériques et téléviseurs) qui peuvent intégrer des traitements additionnels.

→ Blanc :

• **Blanc diffus** : surface blanche éclairée par une lumière répartie. Par exemple une chemise blanche vue à la lumière du jour ou sous l'éclairage principal. Ce concept est utilisé pour caractériser les surfaces blanches les plus lumineuses en dehors des sources directes ou des reflets. En HDR il a une valeur inférieure au blanc maximum (2 ou 3 fois moins).

• **Blanc maximum ou spéculaire** : lumière intense provenant d'une source directe d'éclairages nus, lampadaires ou soleil par exemple, ou d'une surface réfléchissante comme l'eau ou les surfaces chromées.

• **Blancs ou hautes lumières** : zones d'une image les plus fortement éclairées, traduites par une valeur de luminance élevée, et reproduite à l'écran par une forte illumination.

→ **BT.2020 ou Rec.2020 ou ITU-Rec BT.2020** : recommandation technique de l'ITU, publiée initialement en 2012 à atteindre d'ici à 2020, qui préconise des caractéristiques de définition, cadences, espace colorimétrique, profondeur de codage et fonction de transfert pour des images numériques de haute qualité en Ultra Haute Définition. L'espace de couleur englobe celui du BT.709. On qualifie souvent cet espace couleur de virtuel car les primaires sont difficiles à réaliser en pratique. Les meilleurs moniteurs à ce jour dépassent l'espace du DCI P3 sans atteindre la recommandation BT.2020.

→ **BT.2100 ou Rec.2100 ou ITU BT.2100** : recommandation technique de l'ITU publiée en 2016, spécifiant les deux méthodes utilisées pour la production et l'affichage de programmes : la méthode de la quantification perceptuelle (PQ, *Perceptual Quantizer*) et la méthode hybride log-gamma (HLG, *Hybrid Log-Gamma*).

→ **BT.709 ou Rec.709 ou ITU BT.709** : recommandation technique de l'ITU publiée initialement en 1990, et qui préconisait les caractéristiques de définitions, cadences, espace colorimétrique, profondeur de codage et fonction de transfert pour des images numériques en Haute Définition à 1080 lignes au rapport d'aspect 16/9.

→ **Candelas par mètre carré ou cd/m²** : unité de mesure de luminance, exprimant l'intensité lumineuse renvoyée par unité de surface (voir photométrie). Les anglo-saxons utilisent le terme *nit* qui est équivalent ; mais son utilisation est déconseillée dans le cadre du Système International d'unités. Une ancienne unité de luminance le footlambert (dénotée fL) est encore utilisée aux USA, bien que n'appartenant pas au système international. 1 fL vaut 3,426 cd/m².

→ **CIE ou Commission Internationale de l'Éclairage** : organisme international dédié à la description de la couleur et de la lumière, chargé de la normalisation de principes et d'applications dans les domaines des éclairages.

→ **Color volume** : représentation tridimensionnelle des couleurs reproductibles ou visibles. Le *color volume* des couleurs reproductibles par un système utilisant des primaires RVB a la forme d'un cube. Le *color volume* de toutes les couleurs visibles a une forme plus complexe.

→ **Color gamut** : représentation bidimensionnelle des couleurs reproductibles par un système d'imagerie, qui est inclus dans le plan des couleurs réelles visibles que l'on désigne par diagramme de chromaticité.

→ **Contraste** : écart de luminosité entre les zones sombres (noirs & gris foncés) et les zones claires (gris clairs & blancs) d'une vue réelle ou d'une image. Le terme de contraste est plutôt utilisé pour caractériser la perception. Mais les documents de standardisation anglo-saxons utilisent le mot *contrast* pour indiquer la dynamique.

• **Contraste intra-image** : c'est l'écart de luminosité mesuré entre les zones les plus lumineuses (blancs) et les plus sombres (noirs) présentes à l'intérieur d'une image (image ou plan fixe).

• **Contraste inter-image ou séquentiel** : c'est l'écart mesuré entre la luminosité de deux images consécutives, une image uniformément blanche et une image uniformément noire.

→ **D65** : nom du blanc de référence ou illuminant commun aux espaces colorimétriques des recommandations BT.709 et BT.2020.

→ **Dolby Vision**® : procédé HDR développé par la firme américaine Dolby (Le label Dolby Cinema inclut le procédé Dolby Vision).

→ **Dynamique** : c'est le rapport entre la mesure du blanc maximum et celle du noir minimum pour un système de reproduction donné.

→ **EclairColor** : procédé HDR mis au point pour le cinéma en 2017 par la société française Eclair.

→ **EOTF ou Electronic to Optical Transfer Function** : courbe traduisant la valeur instantanée codée d'un point de l'image en variations d'intensité de lumière émise à l'écran.

→ **Footlambert** : voir candelam².

→ **Gamma ou « facteur de contraste »** : désigne l'exposant d'une courbe qui caractérise une fonction de transfert (EOTF ou OETF).

→ **HDR 10** : standard basé sur une plate-forme ouverte, non propriétaire, baptisé HDR 10 pour 10 bits, avec des métadatas statiques du pic de luminosité et du niveau de noir. Il peut être utilisé sans licence.

→ **HDR 10+** : c'est le standard HDR proposé par le constructeur d'écrans Samsung toujours sans licence. Il améliore le procédé HDR 10 par l'utilisation de métadatas dynamiques liées à la luminosité et au niveau du noir de chaque image en fonction des caractéristiques du téléviseur (*Dynamic Tone Mapping*).

→ **HLG ou Hybrid Log Gamma** : procédé HDR reposant sur une fonction de transfert non linéaire qui combine une partie inférieure de courbe en gamma et une partie supérieure de courbe en logarithme. HLG a été développé conjointement par les diffuseurs BBC (Grande-Bretagne) et NHK (Japon). Son utilisation n'est pas soumise à des droits de licence industrielle. Il doit permettre une restitution satisfaisante sur un écran SDR (rétrocompatibilité).

→ **Illuminant** : lumière de référence caractérisée par un spectre de composition donné.

→ **ITU ou International Telecommunication Union** : organisme international de normalisation consacré aux principes et technologies de télécommunication.

→ **Luminance** : donnée psycho-physique exprimant la luminosité perçue qui se mesure en candelas par mètre carré (cd/m²). On utilise couramment ce terme en vidéo pour désigner le signal ou les données qui traduisent le codage d'une perception monochrome (en noirs/gris/blancs) d'un sujet ou d'une scène.

→ **Noir** : plus faible valeur de luminance ou luminosité reproductible par un système d'imagerie.

→ **OETF ou Optical to Electronic Transfer Function** : courbe traduisant la luminance d'un point de l'image analysée en valeur numérique ou électronique.

→ **P3** : espace des couleurs étendu, (aussi dénommé DCI P3) normalisé pour le cinéma numérique. Il est plus étendu que l'espace de couleurs défini par le BT.709. L'espace de couleurs défini dans le BT.2020 est encore plus large.

→ **PQ ou Perceptual Quantizer** : désigne une courbe de transfert caractéristique, dérivée de la courbe de sensibilité de l'œil humain. Cette courbe est à la base du standard SMPTE ST-2084.

→ **SDR ou Standard Dynamic Range** : par opposition au HDR désigne le contraste utilisé jusqu'à maintenant. Les écrans actifs des moniteurs vidéo et récepteurs de télévision SDR émettent une luminance maximale allant de 100 à 400 cd/m². Les écrans passifs de projection au cinéma renvoient une luminance maximale de 48 cd/m².

→ **SMPTE ST 2084** : standard international basé sur le PQ (*Perceptual Quantizer*), définition d'une EOTF applicable au HDR pour des luminances allant jusqu'à 10000 cd/m².

→ **Spéculaire** : brillance ou reflet généralement ponctuel d'une source d'éclairage produisant une luminosité intense.

→ **Tone grading ou tone mapping** : correction colorimétrique assurant des perceptions similaires pour des systèmes de reproduction utilisant des espaces de couleur différents. Cette transformation est nécessaire pour changer d'espace couleur, par exemple entre BT 709 et BT 2020.

→ **UHD ou Ultra High Definition ou Ultra Haute Définition** : désigne la nouvelle technologie d'image vidéo qui devra succéder à la haute définition (HD). L'UHD implique un passage au progressif. On distingue trois phases :

• **UHD-1** : caractérise la première grande phase de l'évolution de la vidéo vers une définition spatiale quatre fois supérieure à la HD, dite 4K pour 3840 pixels par ligne et un ratio 16:9.

• **UHD-1 phase 2** : indique la phase complémentaire améliorant encore l'image en terme de contraste (HDR HLG et PQ), d'espace de couleurs (Rec 2020 pour le WCG), de cadence d'affichage des images (HFR 100 et 120 images) en association avec l'audio orienté objet (son 3D, interactivité).

• **UHD-2** : caractérise la phase suivante de l'évolution de la vidéo (8K entre autres).