

Réponse de Technicolor/Philips à la consultation du CSA : «Préparer l'avenir de la plateforme TNT»

Technicolor et Philips se sont associés pour répondre à plusieurs questions de la consultation du CSA. Les éléments de réponse sont donnés dans les paragraphes qui suivent pour les questions : 4, 5, 7, 13 et 21.

Question 4: Parmi ces technologies, lesquelles sont stabilisées et disponibles commercialement ? Voyez-vous d'autres évolutions technologiques relatives à la qualité de l'image ? Quelles sont les technologies apportant le plus de gain en matière d'expérience de l'utilisateur par rapport à la HD ?
- Ces différentes fonctionnalités sont-elles rétrocompatibles avec les écrans qui ne les supportent pas ?
- Avez-vous des tests et des expérimentations en cours ? Quels enseignements en tirez-vous ?
- Les pouvoirs publics doivent-ils fixer les normes appelées à être utilisées en UHD-1 phase 2 ?

Quelles sont les technologies apportant le plus de gain en matière d'expérience de l'utilisateur par rapport à la HD ?

Les technologies HDR permettent de capturer, produire, distribuer et afficher des images plus proches du réel, tant en dynamique de luminance qu'en gamme de couleurs. Elles permettent d'améliorer le contraste et le réalisme de l'image ; elles apportent de « l'immersivité », c'est-à-dire qu'elles contribuent à donner la sensation au téléspectateur d'être présent dans la scène. Les technologies HDR apportent ainsi à un gain indéniable en matière d'expérience utilisateur par rapport à la TV HD. Ce qui est confirmé par la disponibilité des premiers TVs HDR et par les travaux de normalisation en cours sur toute la chaîne de l'image.

Le défi, après avoir produit un contenu HDR de haute qualité dans un environnement contrôlé avec des moniteurs de référence calibrés, réside dans la capacité à rendre au mieux ce niveau de qualité sur un maximum d'écrans finaux, considérant la grande variété d'écrans TVs proposés sur le marché. Cette variété concerne essentiellement les aspects suivants :

- Les technologies utilisées pour les dalles d'écran (LCD, OLED, QLED..),
- La capacité intrinsèque en dynamique (luminance maximale et profondeur des noirs) et en couleurs (gamut),
- Les technologies HDR et les fonctionnalités associées qu'ils embarquent (avec ou sans métadonnées) ainsi que la possibilité ou non de recevoir un signal HDR via l'entrée "Broadcast".

Pour cela, nous pensons qu'il est important de différencier :

- Les solutions utilisées en production, dont l'objectif doit être de permettre la création du meilleur contenu HDR possible avec comme seules limitations les capacités des caméras et moniteurs de référence professionnels disponibles.
- Les solutions utilisées en distribution, dont l'objectif doit être de permettre la meilleure expérience possible pour chaque utilisateur final avec comme seule limitation la qualité de son écran (SDR, "compatible HDR", HDR...).

La suite de la réponse se focalise sur la distribution du HDR.

Diverses technologies de distribution HDR sont déjà standardisées et implémentées commercialement par les fabricants d'équipements grand public, décodeurs et téléviseurs. Pour clarifier ces options et leurs différences, le HDMI Forum a défini deux grandes catégories de technologies HDR qui sont décrites dans la version HDMI 2.1¹: HDR avec métadonnées **Statiques** et HDR avec métadonnées **Dynamiques**.

- Les technologies HDR dites « **Statiques** » utilisent des métadonnées statiques décrivant des informations représentatives de l'ensemble du contenu (ex : luminance maximale atteinte au sein du contenu).
- Les technologies HDR dites « **Dynamiques** » utilisent des métadonnées dynamiques décrivant des informations spécifiques à chaque image et permettant une adaptation optimale de chaque image en fonction des performances intrinsèques de l'écran utilisé pour l'affichage.

Actuellement, DVB référence deux types de standards HDR « Statiques » (référencés dans DVB TS 101 154 v.2.4.1 -cf. Bluebook DVB²), l'un basé sur le PQ10, l'autre sur le HLG10 :

- Le signal vidéo PQ10, se base sur la représentation de la valeur réelle (parfois dite "absolue") de la luminance encodée dans le signal vidéo, et donc nécessite une adaptation de l'image aux caractéristiques de l'écran du téléspectateur, mais permet un contrôle absolu des valeurs de luminances du contenu à afficher sur l'écran ciblé. Le PQ10 a été adopté par la Blu-ray Disc Association pour son format Ultra HD Blu-ray. Lorsque des métadonnées statiques sont associées au signal vidéo PQ10, le terme utilisé est alors **HDR10**.
- Le signal vidéo HLG10, se base sur une représentation d'une valeur normalisée (parfois dite "relative") de la luminance encodée dans le signal vidéo. Il ne permet qu'une adaptation statique (identique pour tous les contenus) aux performances des téléviseurs HDR. En outre, il permet un certain niveau de rétrocompatibilité avec les téléviseurs SDR disponibles depuis 2014.

Aujourd'hui, les écrans grands publics sont d'une très grande diversité en termes de technologie, de capacité, de rendu et de prix : écran LCD bas coût, LED (contours de LED, matrices de LED, RGB LED...), OLED, Quantum Dot, laser... La palette d'affichage de couleur dépend de ladite technologie : colorimétrie standard (BT.709), étendue (proche P3), très étendue (proche BT.2020) et toutes les variations intermédiaires. De même, la dynamique de luminance³ dépend fortement de la technologie de l'écran (de 0.05 cd/m² à plus de 1000 cd/m² pour un écran LED et de 0.0005 cd/m² à plus de 600 cd/m² pour un écran OLED). Cette diversité dans les caractéristiques des écrans impacte très fortement la reproduction du contenu.

La distribution d'un signal HDR avec une technologie « Statique » de type PQ10 ou HLG10 induit que chaque écran est supposé optimiser les images reçues sans connaître en détail leurs caractéristiques. Selon les images et les écrans, cela entraîne une perte de détails et de couleurs non contrôlés par le producteur de contenu ou l'opérateur : l'intention artistique du créateur de contenu n'est pas préservée. Le risque est que, selon le contenu et le type d'écran, l'expérience de l'utilisateur soit au final moins bonne avec ce contenu HDR que le même contenu reçu en SDR. Cela peut aussi se traduire par une dégradation de la qualité de services, comparativement aux services SDR déjà en place pour les téléviseurs SDR.

¹ HDMI2.1: https://www.hdmi.org/manufacturer/hdmi_2_1/

² Bluebook DVB : https://www.dvb.org/resources/public/standards/a157_dvb_mpeg2_uhd-1_phase_2.pdf

³ La luminance s'exprime en candela/m², le nit est aussi utilisé : 1 nit = 1cd/m².

Pour pallier ces défauts, et considérant la diversité des écrans HDR dans le marché grand public, il apparaît que seules les technologies HDR dites « dynamiques » permettent que l'ensemble des détails et des couleurs de chaque image puissent être adaptés aux capacités de chaque écran d'affichage.

A noter que DVB a récemment lancé une discussion pour une extension de leur spécification HDR afin de permettre l'ajout potentiel de métadonnées dynamiques associées au signal vidéo HDR ([DVB Scene eNews - September 2017](#)). Cependant il est important de mentionner que, quel que soit le résultat de ces discussions, il est d'ores et déjà parfaitement possible d'inclure des métadonnées dynamiques dans un flux compatible avec un service basé DVB UHD-1 phase 1 ou 2.

- ⇒ **Pour permettre à chaque utilisateur final** de profiter au mieux d'un **gain d'expérience grâce aux technologies HDR**, il est donc primordial d'**utiliser des solutions HDR dites « dynamiques »** dans la distribution des signaux vers les équipements grand public.

Pour répondre à ce critère de distribution HDR avec métadonnées **dynamiques**, Technicolor - Philips proposent les solutions **SL-HDR1** et **SL-HDR2**.

Les systèmes SL-HDR1 et SL-HDR2 s'appuient sur la transmission d'un flux vidéo unique, associé à des informations (métadonnées) dynamiques (changeant à chaque image) qui permettent d'adapter chaque image à chaque téléviseur (HDR et SDR, à colorimétrie étendue ou standard). Ces informations sont générées et approuvées par l'opérateur ou les créateurs de contenus, garantissant une restitution conforme au contenu original, quels que soient les capacités de l'écran de l'utilisateur final. Ces métadonnées permettent ainsi d'adapter dynamiquement le contenu (à l'image près) à la vaste gamme de téléviseurs décrite ci-dessus. Ces métadonnées dynamiques s'ajoutent au flux vidéo (SDR pour SL-HDR1 ou HDR10 pour SL-HDR2) et consomment une bande passante additionnelle négligeable (typiquement une centaine d'octets par scène ou image). Un équipement grand public qui ne sait pas interpréter ces métadonnées, les ignore et ne décode que le flux vidéo (SDR pour SL-HDR1 ou HDR10 pour SL-HDR2).

Il est à noter que les technologies SL-HDR1 et SL-HDR2 requièrent le même module matériel de post-traitement qui est déjà implémenté dans de nombreux circuits intégrés d'équipements grand public.

Une description détaillée des solutions SL-HDR1 et SL-HDR2 est disponible dans ce document dans l'**Annexe : Présentation détaillée des solutions SL-HDR1 et SL-HDR2**.

Ces différentes fonctionnalités sont-elles rétrocompatibles avec les écrans qui ne les supportent pas ?

Le parc de téléviseurs peut être classé en 3 catégories :

- Les UHDTV équipés d'une dalle SDR (en bleu foncé dans le *Tableau 1*) et uniquement capables de recevoir un signal SDR.
- Les UHDTV dits "HDR-compatible" (en bleu clair dans le *Tableau 1*), ce qui signifie qu'ils peuvent recevoir un signal HDR sous plusieurs formes mais sont équipés uniquement d'une dalle SDR. Typiquement ces téléviseurs utilisent les entrées HDMI ou IP en tant qu'entrée HDR. Lorsque l'entrée Broadcast est utilisée (c'est-à-dire via le tuner), ils doivent être considérés comme de type UHD-1 phase 1, c'est-à-dire de type SDR.
- Les UHDTV dits "HDR" (en vert dans le *Tableau 1*) qui ont la capacité de recevoir, traiter et afficher un signal HDR. Ces téléviseurs sont conformes à UHD-1 Phase 2 tel que défini par DVB.

En se basant sur des données publiées par IHS data et accessibles sur le site rapidtvnews, il apparaît clairement que la mise sur le marché de téléviseurs de type « SDR » ou « HDR-compatible » est importante jusqu'à l'horizon 2020. Ceci laisse à supposer au sein des foyers, pour les dix prochaines années, un parc encore très significatif de TVs « SDR » ou « HDR-compatible ».

En conséquence la rétrocompatibilité vers un écran SDR ne doit pas être négligée, pour ne pas pénaliser la grande majorité des téléspectateurs équipés de ce type de téléviseurs. En effet il serait fort préjudiciable qu'ils souffrent d'une baisse de qualité d'image lorsque le service passera au tout « HDR ».

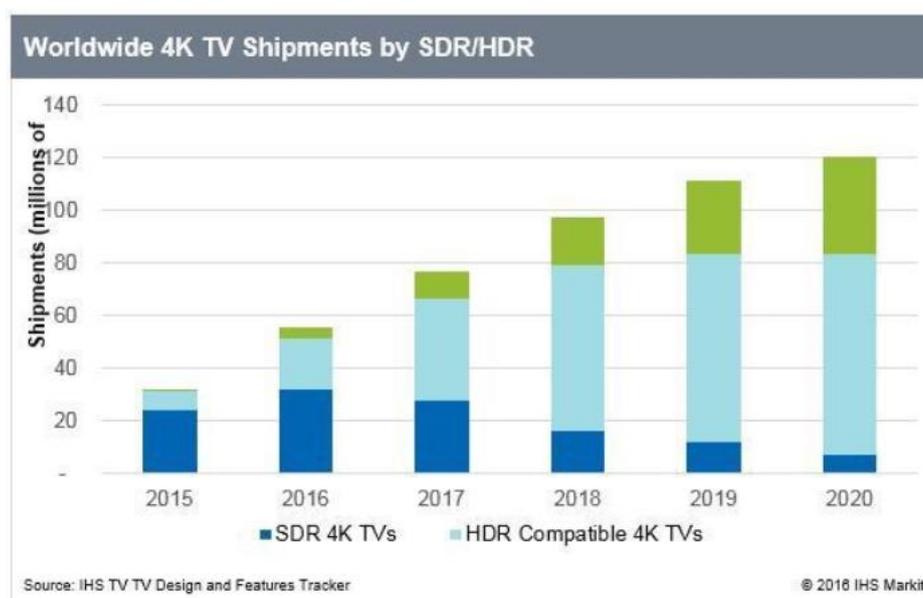


Tableau 1 extrait du site rapidtvnews

Dans le *Tableau 1* ci-dessus, l'ensemble des « SDR 4k TVs » et des « HDR-compatible 4k TVs » seront dotés d'écrans SDR. Ce tableau illustre donc bien le fait que pour une période d'au moins cinq ans, la grande majorité des téléviseurs UHD vendus sur le marché saura décoder un signal HDR10 ou HLG, mais aura un meilleur rendu si on leur transmet un signal SDR, adapté à leur dalle.

Deux options sont donc possibles pour adresser au mieux l'ensemble de ce parc de téléviseurs :

- Une solution basée sur un flux vidéo SDR + métadonnées dynamiques tel que SL-HDR1. Dans ce cas, l'ensemble des téléviseurs UHD déployés sur le marché sera capable de décoder le signal et d'afficher une image d'une qualité au moins équivalente aux services SDR actuels. La grande majorité des téléviseurs (SDR et HDR-compatible) ayant un écran SDR pourra profiter d'une image SDR validée par les créateurs de contenu et/ou l'opérateur. Le reste des téléviseurs pourra utiliser les métadonnées dynamiques pour reconstruire un signal HDR et adapter au mieux chaque image aux capacités de son écran. Grâce à cette solution, il est possible d'éviter la transmission simultanée d'un signal UHD HDR et d'un signal UHD SDR (simulcast), ce qui permet d'adresser l'ensemble des téléviseurs du marché avec une bande passante limitée. Par ailleurs, l'encodage d'un flux vidéo SDR permettant un gain pouvant aller jusqu'à 25%⁴ en qualité par rapport à l'encodage d'un signal équivalent en HDR dans la même bande passante⁵ ; l'utilisateur final pourra profiter d'une meilleure qualité d'image dans la gamme de fréquence allouée à la TNT.

⁴ Essais Laboratoire : <https://spie.org/Publications/Proceedings/Paper/10.1117/12.2235741>

⁵ Cf **Annexe** : Présentation détaillée des solutions SL-HDR1 et SL-HDR2

- Une solution basée sur un flux vidéo HDR10 avec métadonnées dynamiques tel que SL-HDR2. Dans ce cas, seuls les téléviseurs HDR-compatibles ou HDR sauront décoder le signal vidéo. Pour adresser les téléviseurs SDR UHD, il sera nécessaire soit de faire du simulcast de signaux SDR UHD et HDR UHD, soit de s'équiper d'un décodeur vidéo numérique (Set Top Box) pour pouvoir accéder à l'image.
Les téléviseurs HDR-compatibles sauront décoder le signal HDR et l'afficher, mais sans l'adapter, de manière optimale et validée par les créateurs de contenu ou l'opérateur, aux performances de leurs écrans.
Les téléviseurs HDR pourront utiliser les métadonnées dynamiques pour adapter au mieux chaque image du signal HDR aux performances de leur écran.
- ⇒ Une solution basée sur un **flux vidéo HDR10** (SL-HDR2) sera donc **compatible avec les écrans TVs UHD** HDR ou HDR-compatibles disponibles sur le marché mais ne sera pas rétrocompatible avec les nombreuses TVs UHD SDR.
Une solution basée sur un **flux vidéo SDR** (SL-HDR1) aura l'avantage d'être **rétrocompatible avec l'ensemble des téléviseurs UHD** et d'offrir une qualité d'image optimale pour chacun d'entre eux dans une **bande passante restreinte**.

La solution SL-HDR1 (flux vidéo SDR) semble donc être la plus à même de répondre à l'ensemble des critères requis pour le marché Français (rétrocompatibilité avec tous les écrans UHD, performance vidéo optimale pour chacun, qualité maximale dans une bande passante donnée). Cependant, pour les acteurs préférant que tout signal HDR soit transmis avec un flux HDR, l'option SL-HDR2 offre une qualité optimale pour chaque écran HDR-compatible ou HDR.

Technologies stabilisées et disponibles commercialement répondant aux critères de gain en matière d'expérience utilisateur et de rétrocompatibilité avec le parc de téléviseurs

En termes de stabilité et de normalisation, le SL-HDR1 est normalisé depuis Août 2016 sous la référence [TS 103 433 v1.1.1](#). Un mode de réalisation décrit notamment l'utilisation de SL-HDR1 avec HEVC. Une mise à jour de cette norme est en cours. Elle comprend l'extension de la norme TS 103 433 en plusieurs parties :

- [TS 103 433-1](#) (SL-HDR1 v1.2.1) publiée en Août 2017. Cette révision comporte l'ajout de nouvelles fonctionnalités (récupération de données perdues, transformation de gamut réversible, interface vers la norme CTA-861-G pour utilisation dans HDMI 2.1...) et la généralisation d'un unique jeu de métadonnées aux deux systèmes SL-HDR1, 2 et 3.

- TS 103 433-2 (SL-HDR2 *Draft for Approval*)⁶. La publication de cette norme est prévue pour la fin d'année 2017.

- TS 103 433-3 (SL-HDR3 v1.2.1 *Early Draft*)⁷. La publication de cette norme est prévue pour début 2018. Elle se présente comme une amélioration de la fonction de transfert HDR HLG.

⁶ SL-HDR2 : https://portal.etsi.org/webapp/WorkProgram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=50992

⁷ SL-HDR3 : https://portal.etsi.org/webapp/WorkProgram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=51344

Ces technologies sont d'ores et déjà compatibles avec les standards DVB existants et sont aussi standardisées par de nombreux autres organismes, chacun spécialisé dans son domaine. Un état plus détaillé concernant le statut de SL-HDR1 et SL-HDR2 au sein des organismes tels que ATSC, HDMI etc... est disponible en **Annexe : Présentation détaillée des solutions SL-HDR1 et SL-HDR2**.

Concernant la disponibilité commerciale, de nombreux essais mais aussi plusieurs productions commerciales ont déjà utilisé les technologies SL-HDR1 et SL-HDR2. Leur utilisation en diffusion nécessite un pré-processeur avant l'encodeur de distribution (pour créer les métadonnées dynamiques) et un post-processeur dans l'équipement de réception (décodeur vidéo numérique ou téléviseur).

Côté encodeur de distribution, les essais ont été réalisés avec les principaux fournisseurs d'encodeurs HEVC, notamment : ATEME, CISCO, Harmonic, Keepix, Elemental, Amazon.

Côté décodeur, l'ensemble des solutions SL-HDR 1-2-3 proposées par Technicolor / Philips sont d'ores et déjà implémentées dans plus de 25 circuits intégrés pour décodeur vidéo numérique ou téléviseurs grand public, fournis par les plus grandes marques, représentant plus de 90% du marché mondial. Ces circuits sont progressivement intégrés dans les équipements finaux ; les téléviseurs LG série 7 étant déjà disponibles.

Our SoC Partners Supporting HDR TECHNOLOGIES



25+ SoC models for TVs and Set-Top Boxes already in the market



Avez-vous des tests et des expérimentations en cours ? Quels enseignements en tirez-vous ?

De nombreuses expérimentations d'implémentation des solutions SL-HDR1 et SL-HDR2 ont été menées en France et à travers le monde avec divers partenaires. Depuis Juillet 2017, Sportsnet aux Etats-Unis teste également la solution SL-HDR1 sur des flux de production commerciaux pour permettre de diffuser vers des clients SDR un flux originellement produit en HDR. Au cours de chaque essai, de nombreuses hypothèses ont pu être vérifiées et visualisées avec les contenus produits. Nous noterons notamment les points suivants :

- Confirmation du gain en qualité à bande passante équivalente entre une solution SL-HDR1 et une solution HDR10 lors des essais réalisés fin 2016 avec Sportsnet au cours d'un match des Lakers à Los Angeles.
 - Confirmation de la qualité du SDR dérivé d'un flux HDR avec la solution SL-HDR1 lors d'un test en coopération avec ARTE Strasbourg en Mars 2017.
 - Confirmation de la rétrocompatibilité de la solution SL-HDR1 lors des nombreux tests de diffusion satellite réalisés avec la société ASTRA/SES pour les salons IFA et IBC de 2016 et en quasi continu depuis Mai 2017.
 - Confirmation de la rétrocompatibilité de la solution SL-HDR1 avec l'ensemble des téléviseurs disponibles lors des « plug-fests » HDR organisés par German TV Platform à Berlin en Décembre 2016 et DTG à Londres en Juin 2017.
 - Confirmation des difficultés de la majorité des téléviseurs HDR-compatible et HDR à afficher une image avec l'ensemble des détails et des couleurs lorsque le signal reçu est une vidéo HDR statique de type HDR10 ou HLG lors de ces « plug-fests ».
 - Confirmation de la valeur ajoutée de l'adaptation du contenu avec les métadonnées dynamiques pour la grande majorité des téléviseurs grand public testés lors de ces même « plug-fest » HDR.
 - Confirmation de la qualité du signal SDR généré à partir d'un signal HDR par la solution SL-HDR1 lors des essais puis de la commercialisation de ce signal par Sportsnet lors des matchs des Dodgers fin Juillet 2017.
 - L'ensemble de ces résultats ont été largement démontrés aux différents acteurs du marché lors des différents salons public CES, IBC, IFA ainsi que de nombreux salons plus professionnels tels que les SES Industry days.
- ⇒ L'ensemble de **ces résultats confirment** clairement **l'avantage de solutions HDR dynamiques**, notamment la solution **SL-HDR1** qui offre une **rétrocompatibilité** et une **qualité** optimales **pour une bande passante fixée** pour **l'ensemble des téléviseurs SDR, HDR-compatible et HDR.**

De plus amples détails concernant ces tests et expérimentations sont donnés en **Annexe** : Présentation détaillée des solutions SL-HDR1 et SL-HDR2.

- Les pouvoirs publics doivent-ils fixer les normes appelées à être utilisées en UHD-1 phase 2 ? Les pouvoirs publics doivent veiller à ce que les choix des normes de déploiement UHD-1 phase 2 soient effectués en concertation avec les opérateurs, les équipementiers et les fournisseurs de technologie, dans le but ultime d'offrir au téléspectateur la meilleure expérience possible adaptée à son téléviseur.

Par ailleurs, il nous semble important que la France, de par ses choix, continue à montrer son leadership en Europe dans l'implémentation de nouvelles technologies (tel que réalisée pour le basculement HD) ainsi que l'influence des ingénieurs Français et Européens dans le développement de ces nouvelles solutions. A ce titre, nous souhaitons souligner le fait que l'ensemble des solutions SL-HDRx sont le résultat d'une coopération entre deux sociétés européennes, Philips et Technicolor, dont les équipes de développement sont basées aux Pays Bas (Eindhoven) et en France (Rennes et Paris).

Philips et Technicolor souhaitent bien-sûr mettre ces compétences locales et ces équipes à contribution pour les études complémentaires que le CSA souhaite mettre en œuvre à la suite de cette consultation publique. Nous espérons que ces efforts communs permettront aux pouvoirs publics de sélectionner la solution la plus appropriée aux besoins du marché et la plus avantageuse pour la France de façon plus globale.

Question 5: L'amélioration de la qualité sonore sur la TNT a-t-elle le même degré de priorité que l'amélioration de l'image ? Par l'emploi de quelles technologies ? Doit-elle nécessairement accompagner l'amélioration de la qualité de l'image ? Est-il nécessaire de rendre possible l'introduction de composantes sonores ou d'accessibilité supplémentaires sur la TNT ?

Le système « Next Generation Audio »

Une expérience télévisuelle immersive ne repose pas uniquement sur les améliorations en termes de qualité d'image. Une meilleure spatialisation du son, ainsi qu'une restitution sonore personnalisée et interactive, sont des éléments tout aussi indispensables à l'expérience finale de l'utilisateur. Les derniers développements audio sont présentés au même titre que les nouvelles technologies de l'image (4K, HDR, WCG) dans le standard DVB UHD-1 (*TS 101 154 v2.3.1*) sous le terme « Next Generation Audio » (NGA). Les améliorations qui y sont proposées pour l'audio complètent parfaitement les gains apportés par les évolutions technologiques relatives à la qualité de l'image. L'association de ces évolutions audio et vidéo peut révolutionner l'expérience télévisuelle.

Les formats « surround » traditionnels 5.1 ou 7.1 ne peuvent pas reproduire une image sonore immersive et réaliste car ils n'ont pas la capacité, par exemple, de restituer un son vertical. Pour une plus grande immersion sonore, les formats NGA peuvent quant à eux non seulement transmettre plus de canaux au sens traditionnel du terme mais ils intègrent également l'audio orienté objet ainsi que, dans le cas de MPEG-H Audio, le Higher Order Ambisonics (HOA). Pour prendre en charge la restitution du son immersif, les technologies telles que le rendu binaural pour casque ainsi que des nouvelles générations de barres de son ont été mises au point.

Le son au format « objet » offre également de nouvelles possibilités pour l'utilisateur puisque celui-ci peut maintenant interagir avec le contenu audio et le personnaliser. En effet, la flexibilité offerte par des objets audio, transmis indépendamment les uns des autres, permet de modifier le mix audio au niveau du récepteur. L'utilisateur peut remplacer certains objets par d'autres et sélectionner des composantes sonores optionnelles et supplémentaires pour enrichir l'expérience. Les services d'accessibilité tels que l'audio description, le multilingue, ou l'augmentation du volume des dialogues pour les malentendants peuvent maintenant être offerts à partir d'un seul flux de manière beaucoup plus efficace par rapport à la diffusion simultanée de plusieurs mix complets comme cela serait nécessaire avec les codecs audio actuels.

Enfin, la flexibilité du format offre la possibilité d'optimiser la restitution à différentes configurations et environnements d'écoute.

MPEG-H Audio

MPEG-H Audio est un système audio multi-écrans permettant de transporter et restituer de manière efficace les formats multicanaux, les objets audio, le Higher Order Ambisonics (HOA), et ainsi de garantir une liberté de création pour des expériences audio interactives et immersives.

Conçu pour compléter les avancées technologiques de l'image et des écrans Ultra-HD (UHD) avec une résolution horizontale de 4K ou 8K, MPEG-H Audio a été développé par MPEG à la suite d'un processus concurrentiel et collaboratif clairement défini. Finalisé en 2015, MPEG-H Audio [1] est une norme ISO internationale ouverte, avec des implémentations et des tests de conformité publiquement disponibles.

En octobre 2016, le consortium DVB a décidé de soutenir le système MPEG-H Audio dans le cadre des spécifications techniques de UHD-1.

MPEG-H Audio a été sélectionné en Corée du Sud comme le seul système audio au sein de leur norme de diffusion terrestre UHDTV [2] qui est basée sur ATSC 3.0. Le 31 mai 2017, la Corée du Sud a lancé son service de télévision UHD 4K et le système MPEG-H Audio est ainsi devenu le premier et unique déploiement au monde du « Next Generation Audio » (NGA) sur des services réguliers.

Les récepteurs MPEG-H Audio, capables de décoder et de restituer l'intégralité des fonctionnalités NGA spécifiées dans DVB [3], sont disponibles sur le marché depuis avril 2017. De plus, des outils pour la production en direct, la post-production et l'encodage du contenu MPEG-H Audio sont disponibles chez de multiples fabricants et actuellement utilisés en Corée du Sud.

Pour les raisons décrites, Technicolor et Philips supportent la sélection de MPEG-H Audio pour la nouvelle plateforme TNT française.

Références:

- [1] "Information technology - High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 3: 3D audio," International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Standard ISO/IEC 23008-3:2015, 2015.
- [2] TTAK-KO-07.0127R1: TTA - Transmission and Reception for Terrestrial UHDTV Broadcasting Service, Revision 1, December 2016.
http://www.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAK.KO-07.0127_R1.pdf
- [3] TS 101 154 v2.3.1: Digital Video Broadcasting (DVB) – Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream.
http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/101100_101199/101154/02.03.01_60/ts_101154v020301p.pdf

Question 7: Avez-vous des éléments complémentaires à communiquer concernant le ressenti des utilisateurs en matière de qualité d'image ? Que pensez-vous de la mise en oeuvre de services en HD améliorée en TNT ?

Ressenti de la qualité HDR et Bande Passante

Sachant que la bande passante des fréquences terrestres disponible est limitée, il est important de considérer la meilleure façon de transmettre un même contenu dans une bande passante donnée avec la meilleure qualité de rendu possible.

Sur ce point, les différentes solutions HDR ne sont pas égales.

Différents formats de signaux vidéo peuvent être utilisés pour distribuer du HDR vers les utilisateurs finaux, les trois principaux étant :

- Format SDR (avec la solution de distribution SL-HDR1)
- Format HDR10 (avec les solutions de distributions HDR10, SL-HDR2.....)
- Format HLG10

Des tests subjectifs réalisés par des laboratoires indépendants ont démontré que pour une bande passante donnée, la solution SL-HDR1 basée sur la transmission d'un flux SDR permet un gain qualitatif pouvant aller jusqu'à 25% par rapport à une autre solution utilisant un flux HDR. Cet avantage peut être expliqué par les éléments suivants :

- Les encodeurs de flux vidéo ont été optimisés depuis 30 ans pour des flux SDR et possèdent donc une avance en termes d'optimisation sur des flux vidéo HDR ou HLG.
- Pour une même profondeur d'encodage, un flux SDR est représenté de manière plus précise qu'un flux HDR10 équivalent ; les textures y sont donc mieux encodées.
- Le flux SDR dérivé de SL-HDR1 ne souffre pas d'écart de teinte ou d'écrasement de la luminance de l'image et reste conforme à la qualité de reproduction du flux HDR original.
- Une erreur d'encodage sur une séquence de bits représentant une forte luminance (ex : 1000 nits) se verra beaucoup plus qu'une erreur sur une séquence de bits représentant 100 nits (max en SDR).

⇒ Pour permettre une **qualité HDR optimale** dans une bande passante limitée, les essais laboratoire⁸ ainsi que les essais terrain⁹ démontrent que la **solution de distribution SL-HDR1** est la plus appropriée.

Mise en œuvre de services UHD ou HD améliorée

De nombreuses démonstrations et tests subjectifs ont montré que :

- Seuls quelques utilisateurs possédant de très larges écrans sauront vraiment faire la différence entre un signal transmis au format UHD (2160p) et un signal HD (1080p).
- La réception de signaux HDR peut permettre (selon la technologie utilisée pour la transmission) aux utilisateurs finaux d'expérimenter l'ensemble des détails et des couleurs d'une production HDR native.
- La disponibilité d'un signal HFR dans des cas particuliers (sports) permet une expérience encore meilleure.

⁸ Essais Laboratoire : <https://spie.org/Publications/Proceedings/Paper/10.1117/12.2235741>

⁹ Détails à la fin du document dans l' **Annexe** : Présentation détaillée des solutions SL-HDR1 et SL-HDR2

- Seul un encodage du signal vidéo transmis en 10 bits permet de rendre l'ensemble des détails HDR et des couleurs étendues sans générer de défaut majeur sur l'image (ex : "banding").

A cause de ce dernier point, la mise en œuvre de services HD améliorés (avec ajout de HDR ou de couleurs étendues) nécessite un changement de profondeur d'encodage (10 bits au lieu de 8) et ne permet donc pas une rétrocompatibilité avec les services HD déjà existants, sauf à utiliser une flexibilité d'allocation dynamique des fréquences en fonction du contenu.

- ⇒ Lorsque le service UHD est activé, la transmission devrait donc **permettre à un maximum d'utilisateurs** de profiter des **gains d'expérience principaux** pour une **majorité de contenus** dans une **bande passante allouée minimale**, ce qui de notre point de vue est possible en combinant la solution **ETSI SL-HDR1 avec un encodage HEVC 1080p, 50 images par seconde, 10 bits.**

Question 13: Disposez-vous d'autres données sur les débits nécessaires à la transmission de services de télévision en HD améliorée ou en UHD ?

Comme indiqué dans la réponse à la question 7, la solution choisie pour la distribution du HDR a une influence directe sur le débit nécessaire (ou sur la qualité à débit fixe) pour la transmission de services HD HDR ou UHD HDR.

- ⇒ Pour permettre une **qualité HDR optimale** dans une bande passante limitée, les essais laboratoire¹⁰ ainsi que les essais terrain¹¹ démontrent que la **solution de distribution SL-HDR1** est la plus appropriée.

¹⁰ Essais Laboratoire : <https://spie.org/Publications/Proceedings/Paper/10.1117/12.2235741>

¹¹ Détails à la fin du document dans l' **Annexe** : Présentation détaillée des solutions SL-HDR1 et SL-HDR2

Question 21 : Avez-vous des commentaires sur les services qui pourraient être proposés au sein du multiplex multi-villes ? Ce multiplex multi-villes devant offrir une vitrine à des innovations qui pourraient être apportées sur la TNT grâce aux normes DVB-T2 et HEVC, faut-il nécessairement proposer des services en UHD ou des services en HD améliorée pourraient-ils également convenir ?

Pour lui permettre de remplir son rôle, il nous paraît important que le multiplex multi-villes permette de valider les éléments de transmission essentiels qui seront utilisés pour les services UHD HDR déployés. Dans ces conditions, ce multiplex devrait combiner les avantages des solutions détaillées dans les questions précédentes, à savoir :

<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Permettre à chaque utilisateur final de profiter au mieux d'un gain d'expérience grâce à des technologies HDR ⇒ Permettre à un maximum d'utilisateurs finaux de pouvoir accéder à un nouveau service HDR ⇒ Permettre une qualité HDR optimale dans une bande passante limitée ⇒ Permettre à un maximum d'utilisateurs de profiter des gains d'expérience principaux pour une majorité de contenus dans une bande passante allouée minimale 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Utiliser des solutions HDR Dynamiques dans la distribution des signaux vers les équipements grand public ⇒ Utiliser une technologie de distribution, permettant la mise à disposition d'un décodeur vidéo numérique à prix modéré, capable de transmettre une image HDR10 à tout téléviseur « HDR-compatible » via l'interface HDMI (sans que ce téléviseur n'intègre d'autre technologie que la capacité à traiter une image HDR10) ⇒ Utiliser la solution de distribution SL-HDR1 ⇒ Combiner la solution ETSI SL-HDR1 avec un encodage HEVC 1080p, 50 i/s, 10 bits
--	---

Annexe : Présentation détaillée des solutions SL-HDR1 et SL-HDR2

Introduction

Aujourd'hui les écrans grands publics sont d'une très grande diversité en termes de technologie, de capacité de rendu et de prix : écran LCD bas coût, LED (contours de LED, matrices de LED, RGB LED...), OLED, Quantum Dot, laser... dont la palette d'affichage de couleur dépend de ladite technologie : colorimétrie standard (BT.709), étendue (proche P3), très étendue (proche BT.2020) et toutes les variations intermédiaire; idem pour la dynamique de luminance¹²... (de 0.05 cd/m² à plus de 1000 cd/m² pour un écran LED et de 0.0005 cd/m² à plus de 600 cd/m² pour un écran OLED...). Cette diversité dans les caractéristiques des écrans impacte très fortement la reproduction du contenu.

Les systèmes SL-HDR1 et SL-HDR2 consistent en la transmission d'un flux vidéo unique, associé à des informations (métadonnées) dynamiques (changeant à chaque image) qui permettent d'adapter chaque image à chaque téléviseur. Ces informations sont générées et approuvées par l'opérateur ou les créateurs de contenus garantissant une restitution respectueuse du contenu original quelque soient les capacités ou technologies de l'écran de l'utilisateur final. Ces métadonnées ont ainsi la capacité d'adapter dynamiquement le contenu (à l'image près) à la vaste gamme de téléviseurs décrite ci-dessus. Ces métadonnées dynamiques s'ajoutent au flux vidéo (SDR pour SL-HDR1 ou HDR10 pour SL-HDR2) et consomment une bande passante additionnelle négligeable (typiquement une centaine d'octets par scène ou image). Un équipement grand public qui ne sait pas interpréter ces métadonnées, les ignore et ne décode uniquement que le flux vidéo (SDR ou HDR10).

SL-HDR1 - Rétrocompatibilité et transition de services

Lors du PATN, les pouvoirs publics et les opérateurs ont veillé à ce que la transition puisse s'opérer simplement, à moindre coût et sans discontinuité dans l'expérience utilisateur. Née de cet esprit, SL-HDR1 est une solution de distribution de contenus à haute dynamique (HDR pour *High Dynamic Range*) et à colorimétrie étendue (WCG pour *Wide Color Gamut*) qui permet aux téléspectateurs une migration en douceur du monde de la HD notamment caractérisé par un contraste standard (SDR pour *Standard Dynamic Range*) et une palette de couleurs standard (SCG pour *Standard Color Gamut*) vers le monde de l'UHD muni d'une dynamique en luminance augmentée et d'une gamme de couleur enrichie (UHD-1 Phase 2).

SL-HDR1 est un système de traitement d'un signal HDR (possiblement WCG) permettant sa distribution par un flux vidéo SDR, donc rétro-compatible avec les systèmes qui ne prennent en charge que des signaux SDR (possiblement SCG). Un module de pré-traitement SL-HDR1 au niveau de la phase d'émission décompose le signal original HDR en un signal SDR accompagné de métadonnées dynamiques (pour chaque image), permettant la reconstruction du signal HDR à partir du flux vidéo SDR. Ainsi, un flux SL-HDR1 est constitué d'un flux SDR normalisé et des métadonnées de reconstruction HDR l'accompagnant. Côté téléspectateur, l'étape de reconstruction du signal HDR à partir du signal SDR, intervient typiquement après le décodage du flux SDR, et est opérée par un module de post-traitement SL-HDR1 contenu soit dans un boîtier type décodeur vidéo numérique (Set Top Box) soit directement dans un téléviseur. Un équipement grand public ne disposant pas d'un

¹² La luminance s'exprime en candela/m², le nit est aussi utilisé : 1 nit = 1cd/m².

module de post-traitement SL-HDR1 reçoit le flux vidéo SDR, ignore les métadonnées dynamiques qui y sont associées et restitue l'image correspondant au signal SDR.

Côté émission, le signal SDR produit automatiquement ou semi-automatiquement par le module de pré-traitement SL-HDR1 est contrôlable et ajustable par l'opérateur avant la phase d'émission, afin de garantir le respect de l'intention artistique de l'œuvre convertie en SDR et diffusée. Ce contrôle par l'opérateur permet notamment la préservation des teintes et de l'aspect visuel global du contenu original ; contrairement à une conversion dite "aveugle" (conversion par un algorithme propriétaire sans connaissance du contenu original HDR, opérée dans le téléviseur ou dans un boîtier en amont, par exemple décodeur vidéo numérique, qui convertirait un signal HDR en un signal SDR adapté aux interfaces du téléviseur SDR).

Un exemple d'utilisation de la technologie SL-HDR1 est décrit succinctement ci-après :

Un opérateur diffusant en clair (« free to air ») peut proposer un nouveau service premium HDR (possiblement WCG) affichable par une flotte émergente de téléviseurs HDR WCG tout en garantissant un signal interprétable par le parc de téléviseurs majoritairement SDR déjà déployés et de génération antérieure (possiblement SCG). Ce nouveau service HDR (possiblement WCG) est véhiculé en tant qu'unique flux SDR de données compressées par n'importe quel encodeur de distribution SDR normalisé (par exemple HEVC) accompagné de métadonnées de reconstruction de signal SDR vers HDR dont le mécanisme est nativement supporté par le flux monocouche distribué (par exemple un message SEI dans HEVC).

Les téléviseurs HDR disposant du module de post-traitement SL-HDR1 ou les boîtiers (par exemple décodeur vidéo numérique) en amont d'un téléviseur HDR peuvent facilement reconstruire une version fidèle du signal HDR original. Dans l'hypothèse où les capacités du téléviseur seraient inférieures à celles du signal HDR original (en dynamique ou en colorimétrie), le téléviseur ou le boîtier en amont peut utiliser les métadonnées dynamiques pour reconstruire un signal HDR correspondant à ses capacités.

Dans l'hypothèse d'un téléviseur SDR, un boîtier en amont permet de décoder le format du signal codé transmis sur le réseau de distribution (par exemple HEVC DVB-T2). Ce boîtier permet aussi d'adapter le signal vidéo au format accepté par l'écran du téléspectateur, comme par exemple en procédant à un sous-échantillonnage spatial du contenu UHD (2160p) en HD (1080p ou 720p).

Vue d'ensemble simplifiée du SL-HDR1

Lors de la transmission d'un flux SL-HDR1, le signal vidéo suit les étapes décrites suivantes (Cf. Figure 1) :

1. décomposition du signal HDR en un signal SDR accompagné de ces métadonnées dynamiques (i.e. ayant la capacité d'être adapté à chaque image diffusée) -- le flux SL-HDR1
2. transmission du signal SL-HDR1 sur un réseau de distribution
3. option 1 : pour les téléviseurs ou boîtiers munis d'un module de post-traitement SL-HDR1 : reconstruction du signal HDR à partir du flux SDR codé et de ces métadonnées. La technologie SL-HDR1 rend possible la reconstruction d'un signal à colorimétrie étendue (WCG) (possiblement HDR) à partir d'un flux à gamme colorimétrique standard (SCG) (possiblement SDR). SL-HDR1 comporte aussi un module d'adaptation aux caractéristiques du téléviseur dont le but est d'optimiser le rendu tout en préservant l'intention artistique du contenu original.

3. option 2 : pour les autres équipements grands publics : le boîtier (par exemple décodeur vidéo numérique) en amont du téléviseur adapte possiblement le signal SDR décodé au format accepté par le téléviseur.

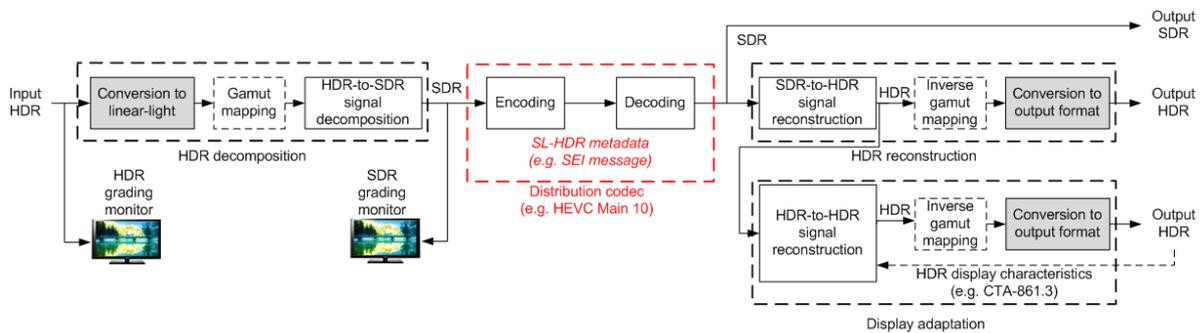


Figure 1 : Schéma simplifié des différentes étapes de traitement d'un flux SL-HDR1

Le système SL-HDR1 à proprement parler peut s'intégrer gracieusement sur toute chaîne de valeur (Cf. Figure 2) dont les paramètres de distribution d'un service tels que le codage de source et de canal sont déjà fixés. Spécifiquement, deux adaptations sont à ajouter dans le réseau de distribution afin de bénéficier d'un flux codé monocouche SDR (possiblement SCG) et HDR (possiblement WCG) :

- le module de pré-traitement SL-HDR1 qui est nécessaire pour générer un signal SDR (accompagné de ses métadonnées de reconstruction SDR vers HDR) à partir du flux HDR original. Typiquement, celui-ci est introduit juste avant l'encodeur d'émission qui encode le flux SDR obtenu et agrège les métadonnées de reconstruction dans le flux SDR encodé. En cas de retransmission du flux SL-HDR1 par un réseau affilié ou une antenne régionale, une étape de reconstruction du signal HDR peut-être nécessaire (possiblement ensuivie d'une nouvelle étape de décomposition suivant la nature du service à déployer sur le réseau affilié) notamment lorsque des couches graphiques ou des logos doivent être mélangés avec le signal HDR avant sa retransmission.
- le module de post-traitement SL-HDR1 qui permet une reconstruction HDR fidèle du flux décomposé en SDR et métadonnées de reconstruction. Typiquement, celui-ci est intégré dans un boîtier (par exemple décodeur vidéo numérique) en amont du téléviseur grand public ou dans un téléviseur disposant du module de reconstruction HDR SL-HDR1.

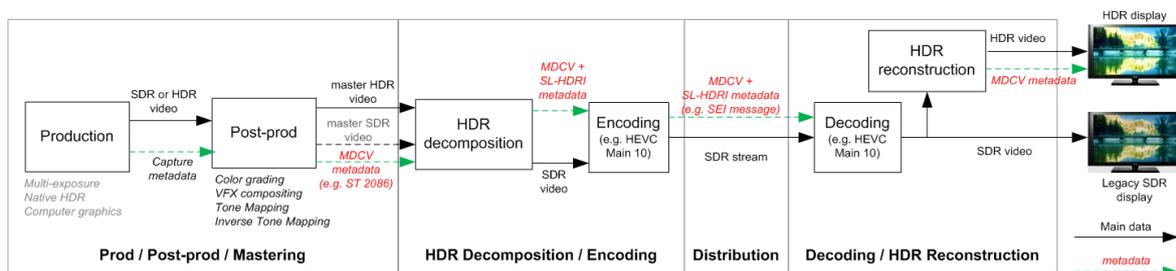


Figure 2 : Schéma simplifié du positionnement des éléments SL-HDR1 (en rouge) dans la chaîne bout-en-bout. MDCV correspond aux métadonnées statiques SMPTE ST 2086.

Il semble important de préciser que les métadonnées de reconstruction SL-HDR1 ne sont pas destinées à être transmises dans l'infrastructure de production pour laquelle les normes garantissant l'interopérabilité n'existent pas encore. A titre informatif, il est remarqué qu'il existe à ce jour différentes initiatives dans des organismes de normalisation dont le but est de permettre la transmission des métadonnées dans les réseaux de contribution et de production.

SL-HDR2 – Amélioration de l'expérience utilisateur par rapport au HDR10

Souhaitant démarrer au plus vite un service HDR avec des Téléviseurs et des décodeurs vidéo numériques (Set Top Box) disponibles sur le marché, certains opérateurs ont choisi le système HDR10 pour ce faire. Cependant, souhaitant toujours améliorer l'expérience client au fur et à mesure que les technologies deviennent disponibles, leur ambition est d'introduire les technologies basées sur des métadonnées dynamiques en deuxième étape, compatible avec le flux vidéo HDR10 déjà mis en service mais n'offrant pas les fonctionnalités d'adaptation à chaque écran. C'est pour ces clients que la technologie SL-HDR2 a été définie, développée et mise à disposition.

Vue d'ensemble simplifiée du SL-HDR2

Lors de la transmission d'un flux SL-HDR2, le signal vidéo suit les étapes décrites suivantes (Cf. Figure 3):

1. Génération de métadonnées d'adaptation à l'affichage (HDR et SDR) à partir du signal HDR original
2. Transmission des métadonnées SL-HDR2 sur un réseau de distribution avec un flux HDR au format PQ10
3. Décodage et reconstruction HDR/SDR

Côté téléspectateur, deux conditions sont nécessaires pour qu'un équipement grand public (par exemple téléviseur ou décodeur vidéo numérique) applique les métadonnées d'adaptation à l'affichage SL-HDR2 :

- l'inclusion d'un module de post-traitement SL-HDR2
- la réception de la capacité en luminance du téléviseur cible (transmis par exemple via HDMI)

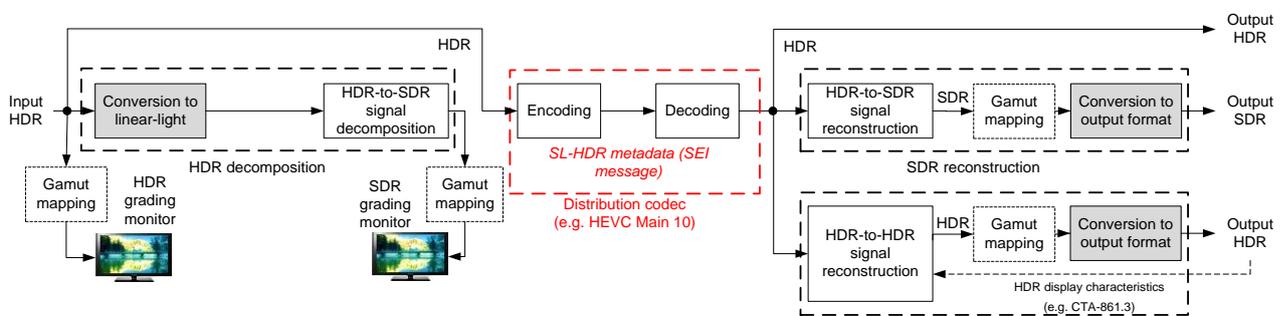


Figure 3 : Schéma simplifié des différentes étapes de traitement d'un flux SL-HDR2

Identiquement à SL-HDR1, le système SL-HDR2 comporte :

- le module de pré-traitement SL-HDR2 en amont du circuit de distribution et
- le module de post-traitement SL-HDR2 présent dans l'équipement grand public.

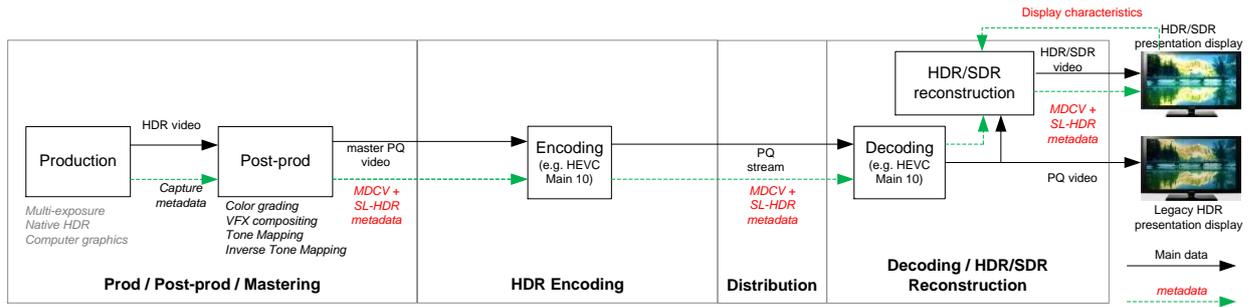


Figure 4 : Schéma simplifié du positionnement des éléments SL-HDR2 (en rouge) dans la chaîne bout-en-bout

Identiquement à SL-HDR1, les métadonnées dynamiques SL-HDR2 ne sont pas destinées à être transmises dans l'infrastructure de production pour laquelle les normes garantissant l'interopérabilité n'existent pas encore

Principales caractéristiques techniques

Les principales caractéristiques des systèmes SL-HDR1 et SL-HDR2 sont listées ci-dessous :

- Flux monocouche avec métadonnées :

Les systèmes SL-HDR1 et SL-HDR2 sont tous deux architecturés autour d'un procédé de codage avec un seul flux codé accompagné d'informations (métadonnées) qui sont utilisées lors de la phase de reconstruction du signal HDR (ou SDR). Ces métadonnées sont dynamiques et peuvent s'adapter aux changements du contenu à l'image près. La taille des métadonnées est négligeable (quelques dizaines d'octets par image ou par scène) en comparaison des débits typiques impliqués dans la transmission de flux vidéo sur la plateforme TNT. En utilisant le système SL-HDR1, l'unique flux vidéo SDR codé offre aux opérateurs la possibilité d'éviter de déployer un canal HDR dédié.

- Indépendance vis-à-vis du codec de distribution :

Les systèmes SL-HDR1 et SL-HDR2 n'ont aucun impact sur la technologie de codage de source utilisée dans le réseau de distribution et en sont indépendants. Le système s'appuie sur un module de pré-traitement appliqué sur le signal HDR avant l'encodage et sur un module dual de post-traitement appliqué sur le signal vidéo décodé. Ainsi, ce système peut être combiné à différents types d'encodage comme par exemple 1080p, 2160p... Typiquement, des campagnes d'essais utilisant les technologies SL-HDR1 ou SL-HDR2 dans des systèmes de distribution basés sur HEVC ont été menées avec succès sur l'ensemble de ces formats.

- Rétrocompatibilité SDR directe (uniquement SL-HDR1):

Dans l'hypothèse où un opérateur est intéressé pour déployer un service SDR (catalogue de contenu existant) et HDR (nouveaux contenus et service premium) via un réseau de distribution qui bénéficie d'un unique système de codage de source et de canal (par exemple HEVC et DVB-T2) -- c'est-à-dire sans avoir recours à un réseau de distribution en simulcast gourmand en ressources -- le système SL-HDR1 peut-être un choix judicieux. En effet, le flux de données vidéo décodé peut être directement affiché sur un écran SDR. A l'aide d'un post-traitement supplémentaire guidé par des métadonnées, l'image SDR décodée est convertie en HDR tout en conservant l'intention artistique de l'image originale HDR.

- Restitution d'une qualité optimale du contenu sur tout téléviseur HDR et SDR :

Grâce à la transmission du flux SDR et des métadonnées dynamiques, la qualité de restitution de l'image est optimisée pour chaque type d'écran.

Un téléviseur SDR recevra directement le flux vidéo SDR de haute qualité.

Un téléviseur HDR pourra adapter l’image à ses capacités intrinsèques grâce à la disponibilité des métadonnées dynamiques (Cf *Tableau 2*).

	HDR10	SL-HDR1	SL-HDR2
metadonnées	statiques	dynamiques (et statiques)	dynamiques (et statiques)
fonction de transfert (écran)	PQ10	Gamma (SDR)	PQ10
rétro-compatibilité aux écrans SDR	non	oui	non
profondeur en bits	10	10	10
adaptatif au téléviseur cible	non	oui	oui

Tableau 2 : Caractéristiques/performance SL-HDR1 et SL-HDR2 versus HDR10

- Complexité réduite :

Les systèmes SL-HDR1 et SL-HDR2 sont constitués de plusieurs étapes de post-traitements optimisées pour une implémentation dans des circuits intégrés équipant le matériel grand public à bas coût (Cf. section Disponibilité commerciale).

- Indépendance vis-à-vis de la fonction de transfert qui code le signal HDR (uniquement SL-HDR1):

Le système de distribution SL-HDR1 ne dépend pas de la fonction de transfert utilisée pour coder le signal HDR délivré par le module de post-traitement.

- Non nécessité des métadonnées dans la chaîne de production :

Les métadonnées dynamiques des systèmes SL-HDR1 ou SL-HDR2 ne sont pas vouées à transiter par les infrastructures de production. Notamment, dans un cas d'utilisation du système SL-HDR1 lors de la diffusion d'un événement en direct, the signal vidéo SDR peut être automatiquement généré par le module de pré-traitement intégré dans la plateforme d'encodage de distribution.

- SDR et HDR de qualité optimale.

Le flux de distribution SDR, dérivé du contenu de production HDR par une fonction dynamique, s’adaptant indépendamment pour chaque image, cette solution permet d’avoir un SDR de grande qualité tout en conservant l’intention artistique définie lors de la production du HDR. Par ailleurs, ce « découplage » entre le HDR et le SDR, permet aussi de produire un signal HDR de grande qualité sans contrainte.

- Economie de bande passante (uniquement SL-HDR1)

Différentes campagnes de tests subjectifs sur des séquences plausibles en termes de diffusion sur des plateformes telles que la plateforme TNT, ont permis de mettre en évidence qu'un flux HEVC SL-HDR1

(i.e. flux SDR avec métadonnées SL-HDR1 permettant de reconstruire un flux HDR) permet d'économiser en moyenne 20% de débit comparativement à un flux équivalent au format HDR10.

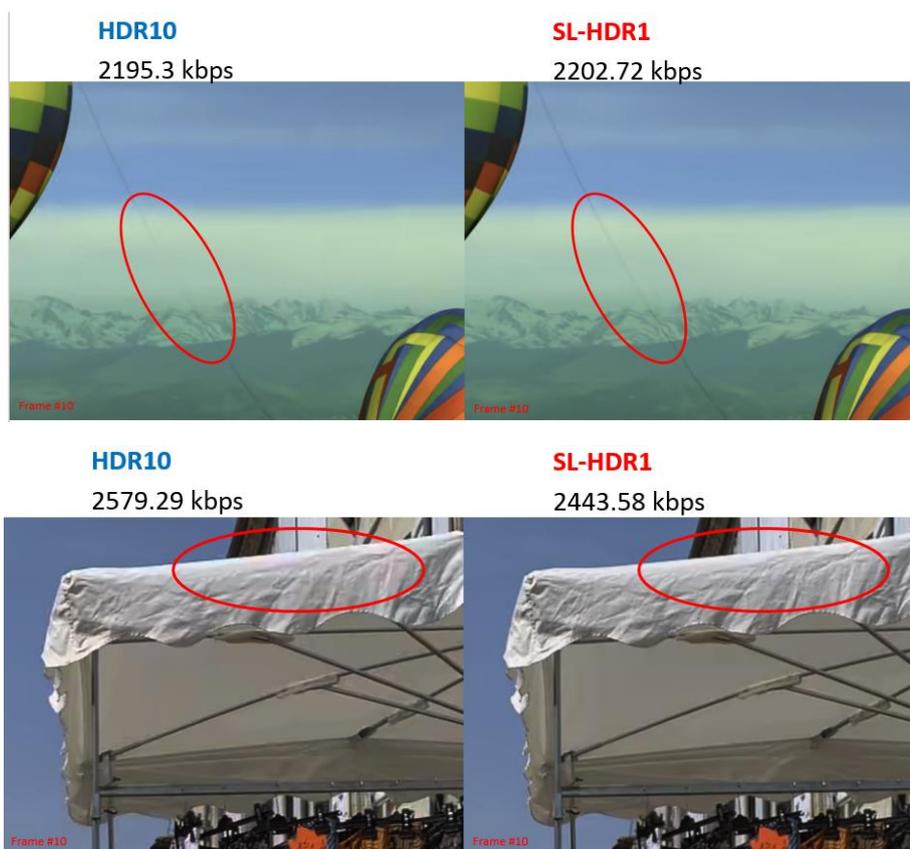


Figure 5 : Détails d'images de test montrant plus de préservation dans les détails avec SL-HDR1 comparativement à HDR10 pour un débit équivalent.

Statut sur la standardisation de SL-HDR1 et SL-HDR2

[ETSI]

SL-HDR1 est normalisé depuis Août 2016 sous la référence [TS 103 433 v1.1.1](#). Un mode de réalisation décrit notamment l'utilisation de SL-HDR1 avec HEVC. Une mise à jour de cette norme est en cours. Elle comprend l'extension de la norme TS 103 433:

- [TS 103 433-1](#) (SL-HDR1 v1.2.1) publiée en Août 2017. Cette révision comporte l'ajout de nouvelles fonctionnalités (récupération de données perdues, transformation de gamut réversibles, interface vers la norme CTA-861-G pour utilisation dans HDMI 2.1...) et la généralisation d'un unique jeu de métadonnées aux trois systèmes SL-HDR1, 2 et 3.

- TS 103 433-2 (SL-HDR2 *Draft for Approval*)¹³. La publication de cette norme est prévue pour la fin d'année 2017.

- TS 103 433-3 (SL-HDR3 v1.2.1 *Early Draft*)¹⁴. La publication de cette norme est prévue pour début 2018. Elle se présente comme une amélioration de la fonction de transfert HDR HLG.

¹³ SL-HDR2: https://portal.etsi.org/webapp/WorkProgram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=50992

¹⁴ SL-HDR3 : https://portal.etsi.org/webapp/WorkProgram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=51344

Il est intéressant de noter que les technologies SL-HDR1, 2 et 3 requièrent le même module matériel de post-traitement qui est intégré dans les puces d'équipements grand public.

[ATSC]

La solution SL-HDR1 a récemment été désignée « candidate standard » pour l'ATSC 3.0 aux Etats-Unis. Dans ce contexte, SL-HDR1 permet la distribution de métadonnées dynamiques de reconstruction SDR vers HDR avec un flux vidéo SDR HEVC pour les services vidéo ATSC 3.0.

[CTA]

[CTA-861-G](#), est un profil pour téléviseur numérique régissant les interfaces à haute vitesse pour transporter des signaux numériques non compressés, publié en Novembre 2016. Cette norme décrit entre autres le transport de signaux vidéo et de métadonnées SL-HDR1 entre appareils grand publics comme des décodeurs vidéo numériques ou des téléviseurs utilisant le HDMI ou d'autres interfaces numériques.

[HDMI]

Le forum [HDMI](#) compte publier la version 2.1 de sa spécification pour la fin de l'année 2017. Celle-ci inclura le transport de métadonnées dynamiques documentées dans CTA-861-G.

[SMPTE]

L'organisme de normalisation américain SMPTE a normalisé différents jeux de métadonnées dynamiques dans la suite de normes ST 2094. SL-HDR1 et SL-HDR2 sont basées sur les normes ST 2094-20 et ST 2094-30 initialement proposées respectivement par Philips et Technicolor. SMPTE travaille désormais sur des spécifications garantissant l'interopérabilité des métadonnées dynamiques dans la chaîne de production et dans les réseaux de contribution. Notamment, un groupe de travail est en train de spécifier la manière dont les signaux HDR WCG peuvent être transmis sur les interfaces professionnelles SDI. Un autre groupe de travail étudie comment représenter les métadonnées dynamiques dans le format de fichier IMF.

[Ultra HD Forum]

Le forum Ultra HD mentionne SL-HDR1 dans son rapport ([Ultra HD Forum: Phase A Guidelines](#)) comme étant une technologie candidate à une probable phase B pour laquelle les questions de rétrocompatibilités pour les services OTT et MPVD se posent. SL-HDR1 apparaît aussi dans la nouvelle version du rapport de recommandations opérationnelles de Septembre 2017 ([v1.4](#)) dans l'[annexe E](#). Cette version met aussi en évidence l'intérêt de solutions « dynamiques » par rapport à des solutions statiques (de type HLG) nécessitent de mettre des contraintes sur la production du contenu HDR, limitant ainsi les ingénieurs vidéo dans leur créativité et par conséquent l'intérêt même d'un contenu HDR pour l'utilisateur final. La phase B du forum Ultra HD planifie prévisionnellement le déploiement de services Ultra HD pour 2018 - 2020.

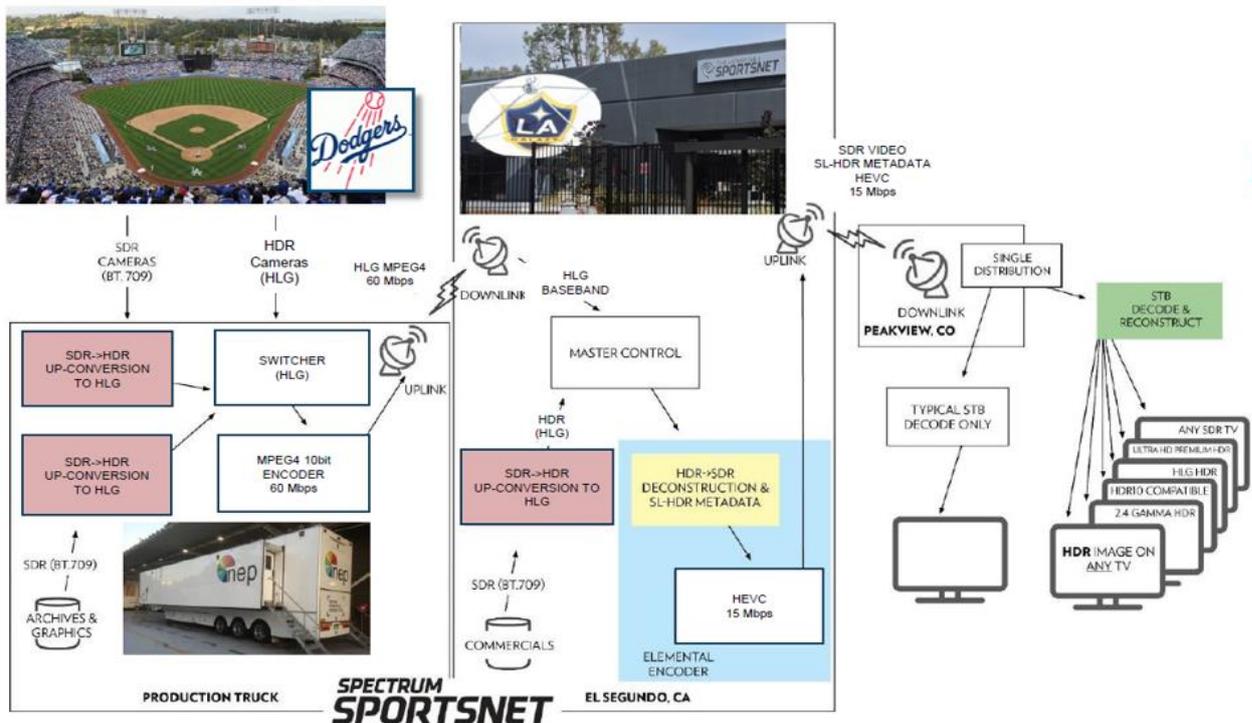
[DVB]

DVB étudie l'intérêt de solutions HDR dynamiques telles que SL-HDR1 pour une possible [extension de l'UHD-1 Phase 2](#).

Exemples d'expérimentation sur le terrain

La mise en œuvre opérationnelle du système SL-HDR1 a été démontrée à travers différentes campagnes d'essais sur le terrain notamment dans des infrastructures existantes augmentées des technologies HDR proposées par Technicolor et Philips.

Expérimentation sur le terrain - diffusion d'événement sportif en direct via réseau de distribution câblé



TECHNICOLOR TECHNOLOGIES

- SDR -> HDR up conversion
- HDR -> SDR down conversion
- SL-HDR decode

Figure 6 Expérimentation sur le terrain lors d'un match des Dodgers de Los Angeles, diffusé par Spectrum SportsNet

Spectrum SportsNet a diffusé le tout premier match de baseball (avec les Dodgers de Los Angeles) en HDR avec le besoin opérationnel fondamental de produire des flux vidéo HDR sans modifier la chaîne de production existante. Afin de réaliser cette demande, le contenu provenant des caméras qui était seulement disponible au format SDR a été étendu à 1000 cd/m² par un équipement professionnel. Le contenu HDR obtenu a ensuite été converti en SDR accompagné des métadonnées SL-HDR1 avant diffusion sur le réseau de distribution câblé de Time Warner Cable.

Une campagne d'expérimentation similaire a été organisée (pour un match de la NBA avec les Lakers de Los Angeles) impliquant un mélange d'éléments HDR et SDR, notamment certains capturés avec des caméras HDR natives et d'autres avec des caméras SDR dont les flux ont été étendus en HDR par un équipement professionnel. Des contenus archivés comportaient des parties graphiques qui avaient préalablement été générées avec une dynamique SDR puis converties avec une dynamique HDR avec des technologies récentes. Les traitements de signaux HDR ont été opérés dans un camion-régie HDR qui a généré les signaux SDR et HDR codés sous la forme d'un seul flux (signal SDR avec métadonnées dynamiques de reconstruction SDR vers HDR). Ce contenu a été distribué à travers le continent Nord-Américain et le Royaume-Uni.

Expérimentation sur le terrain - Comparaison de la qualité entre transmissions HDR10 et SL-HDR1 avec le même encodeur professionnel à 15 Mb/s

Compression efficiency comparison (SL-HDR1 vs HDR10 @15 Mb/s)

Time Warner Cable, NBA & Lakers

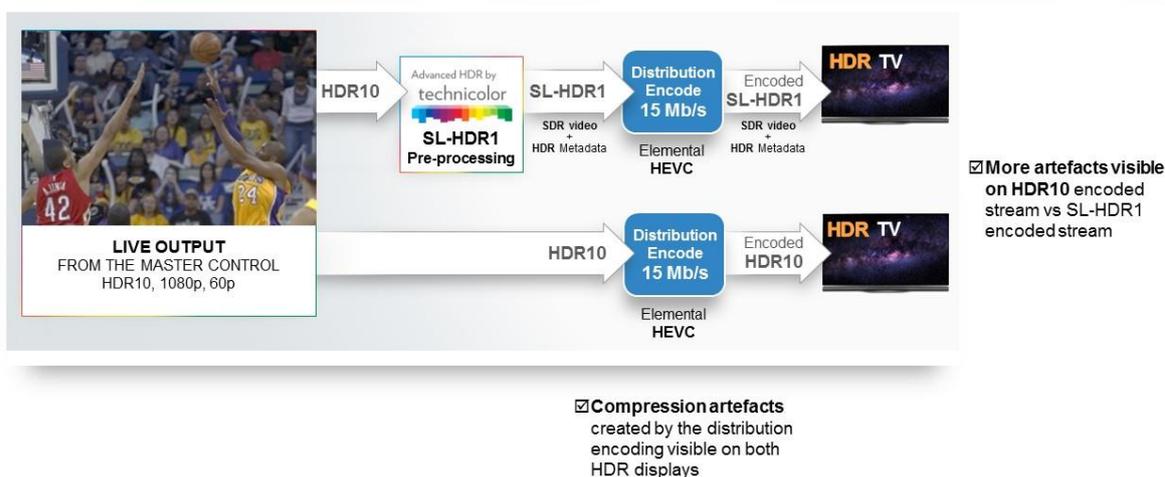


Figure 7 Comparaison qualité entre HDR10 et SL-HDR1

Au cours d'un essai de production en direct réalisé par Time Warner Cable lors d'un match NBA des Lakers, nous avons fait un essai de comparaison de l'efficacité d'encodage des technologies HDR10 et SL-HDR1.

A partir du même flux vidéo HDR10 1080p, 60p, un flux SL-HDR1 (signal vidéo SDR accompagné de métadonnées dynamiques) a été produit et les deux flux, HDR10 et SL-HDR1 ont été encodés en parallèle par deux encodeurs Elemental identiques à des débits équivalents de 15 Mb/s. Ces deux flux étaient ensuite décodés par des décodeurs vidéo numériques équivalents et comparés sur deux TVs LG OLED.

Le résultat de ces comparaisons ont permis de voir qu'à ce débit, les deux flux d'encodage à 15 Mb/s créent des défauts.

Cependant, ce test a permis de montrer que le flux SL-HDR1 avait moins de défauts que le flux HDR10.

Ces deux flux ont été enregistrés, démontrés à de nombreuses reprises lors de divers salons (CES, NAB, IBC...) et toutes les personnes ont pu confirmer ce résultat concret et visible.

Pour ces exemples, aucune métadonnée n'a été utilisée dans la chaîne de production. En effet, les métadonnées ont été créées automatiquement immédiatement avant le dernier encodeur utilisé pour la diffusion.

Expérimentation sur le terrain – Transmission satellite

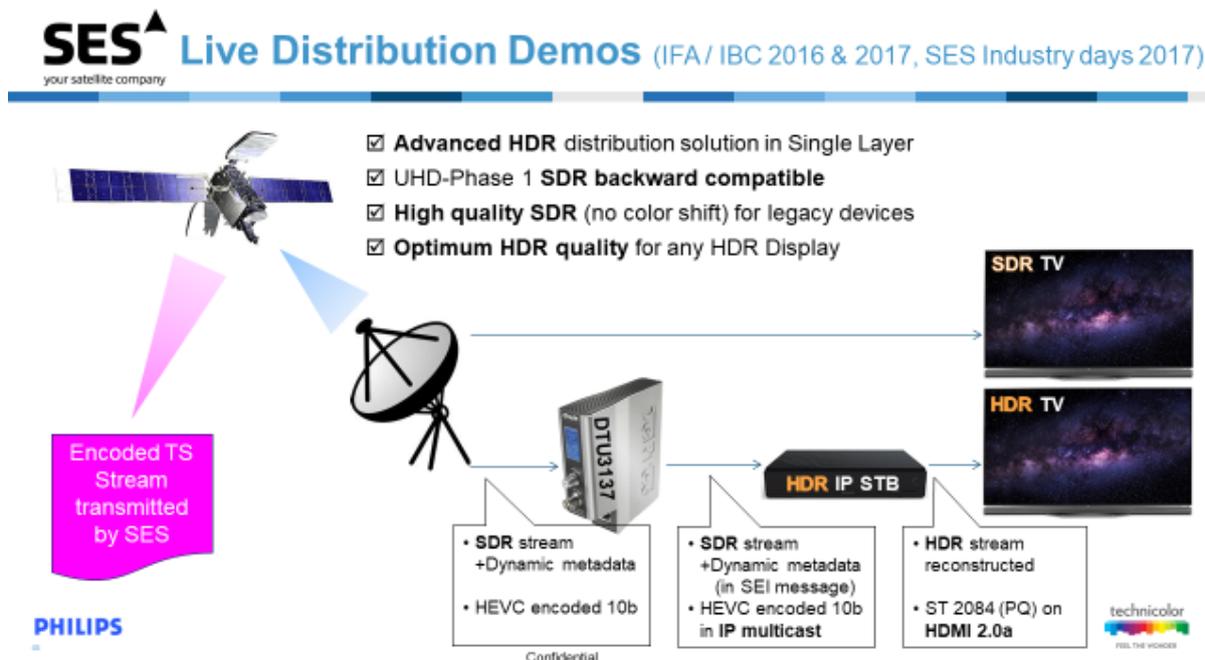
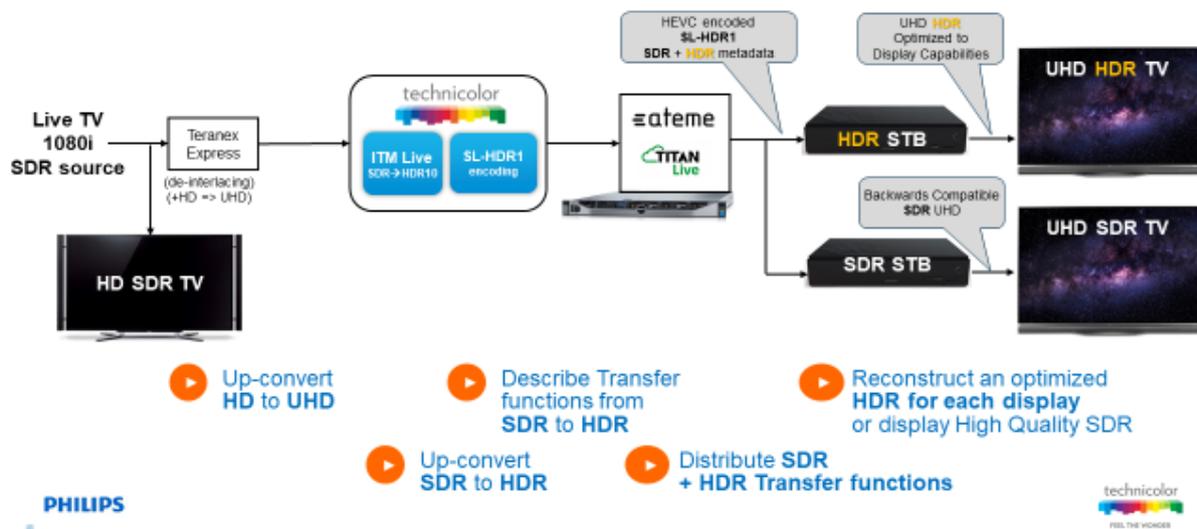


Figure 8 Transmission satellite

Plusieurs essais de transmission du signal SL-HDR1 ont été faits en coopération avec SES / ASTRA pour une transmission satellite sur l'ensemble de l'Europe. Au cours de ces essais réalisés chacun sur plusieurs semaines (IFA et IBC 2016, SES Industry days 2017, IFA & IBC 2017...), nous avons pu vérifier et valider :

- Le bon fonctionnement en temps réel de la transmission du flux vidéo SDR et des métadonnées dynamiques associées sans aucune perte d'information sur la chaîne
- Le bon fonctionnement en temps réel du décodage (HEVC 10 bit) et de la reconstruction du signal HDR après post-traitement SL-HDR1
- La qualité du signal HDR reconstruit par des décodeurs intégrant la solution SL-HDR1 ainsi que leur capacité à adapter l'image aux capacités techniques du téléviseur utilisé (ex : 600 nit) afin de garantir la qualité des détails et des couleurs pour chaque image
- La rétrocompatibilité de ce signal avec des téléviseurs SDR grand public, déjà disponibles sur le marché, ayant un tuner satellite intégré. Ces téléviseurs pouvant afficher l'image SDR sans être perturbés par les métadonnées dynamiques qui y sont associées.
- Le bon fonctionnement de la solution SL-HDR1 avec différents formats de flux vidéo, les essais faits en 2016 utilisant un flux vidéo 1080p, 25 images par seconde, tandis que ceux de 2017 utilisaient un format 2160p, 50 images par seconde.



Confidential
 Figure 9 Transmission Live

Plusieurs essais « Live » ont été réalisés pour tester la robustesse et la valeur ajoutée de la solution SL-HDR1 sur des chaînes TV existantes, préalablement converties au format HDR. A titre d'exemple, des essais ont été réalisés avec ARTE à Strasbourg, permettant de confirmer, outre les points déjà validés avec l'essai SES/ASTRA :

- Le bon fonctionnement en temps réel du pré-traitement SL-HDR1 permettant de dériver automatiquement un flux vidéo SDR et des métadonnées dynamiques d'un programme HDR
- La valeur ajoutée d'une solution HDR dynamique telle que SL-HDR1 permettant d'optimiser la qualité des images sur des téléviseurs HDR du commerce.

Disponibilité commerciale

La technologie SL-HDR1 et SL-HDR2 sont d'ores et déjà commercialement disponible.

Le module de post-traitement de SL-HDR1 et de SL-HDR2 qui permet la reconstruction du signal HDR à partir d'un signal SDR et des métadonnées SL-HDR est intégré dès aujourd'hui dans plus de 25 produits des principaux vendeurs de circuits intégrés pour décodeur vidéo numérique (Set Top Box) et téléviseurs (Cf. Figure 10). Cette technologie a déjà été démontrée sur plusieurs de ces produits dans divers salons (CES, NAB, IFA, IBC...). Ce module est aussi intégré dans les téléviseurs « série 7 » de la marque LG de 2017.

PHILIPS

technicolor




Figure 10 Constructeurs de puces et produits supportant SL-HDR1 et SL-HDR2