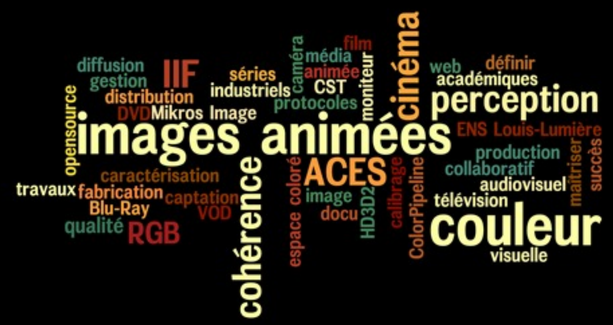
Le fabuleux destin de la couleur

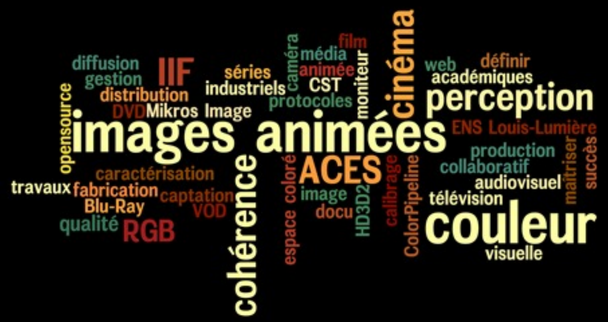
Principe de la gestion colorée selon l'AMPAS dans l'IFF

Nicolas Bonnier
ENS Louis-Lumière



Plan

- Notion de color rendering et re-rendering
- Limites du flux vidéo basé sur le REC709 et du flux ICC
- Quel espace couleur pour l’échange des images?
- Le flux ACES en détail
  - Les périphériques de référence dans le flux ACES
  - La Reference Rendering Transform (RRT)
  - L’Academy Density Exchange Encoding (ADX), pont entre argentique et numérique

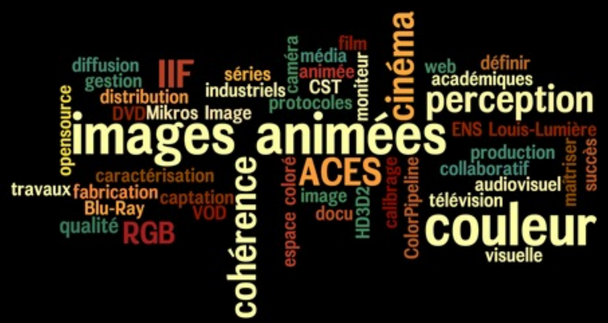


Color rendering

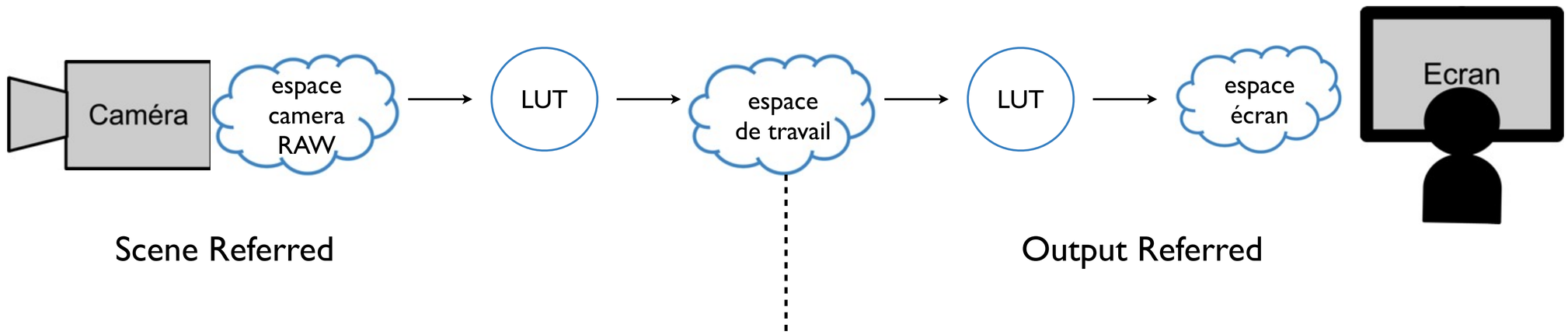
Adaptation du rendu des couleurs

Color rendering →

Adaptation du rendu couleur aux conditions de visualisations



Etat de l'image



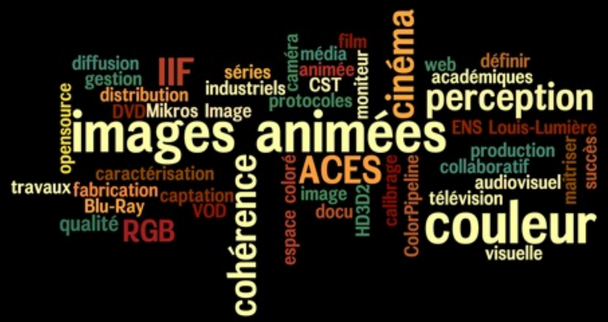
ISO 22028-:2004

Color rendering
Adaptation du rendu des couleurs

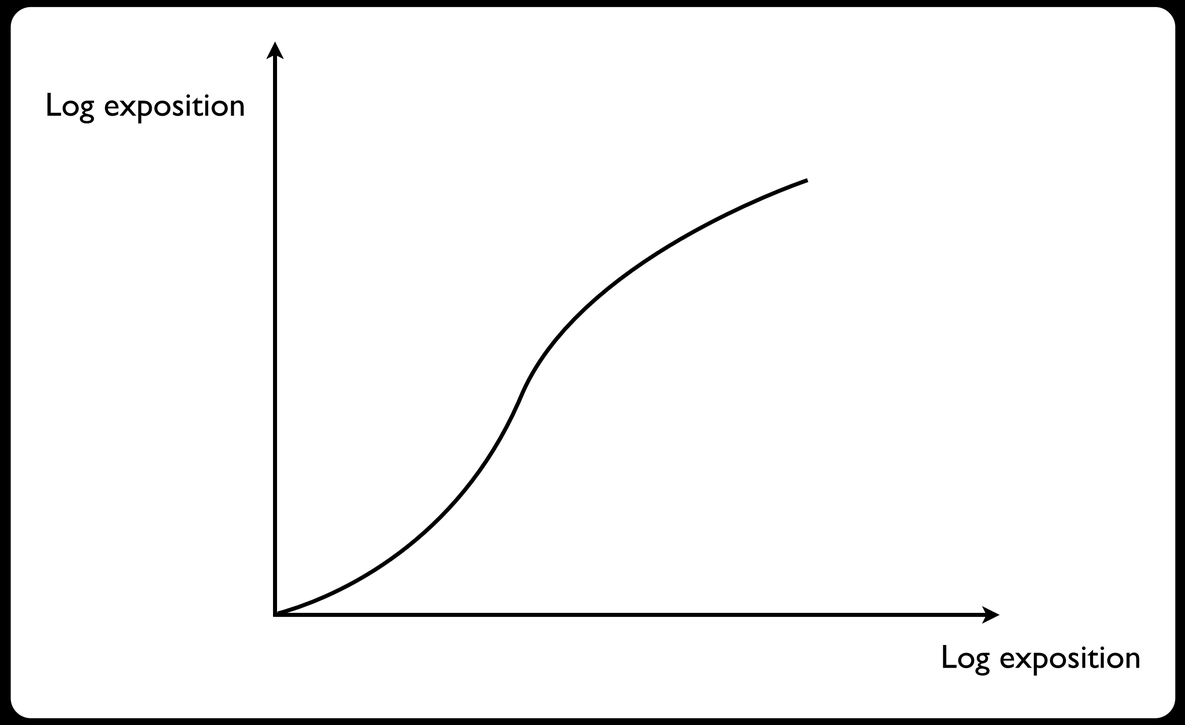
- Adaptation modifiant les données d'une image représentant les coordonnées colorimétriques d'une scène pour obtenir les données colorimétriques de la reproduction de cette image.

- Cette adaptation inclut l'application de courbes 2D de type fonction sigmoïde et la mise en correspondance des gammes de couleurs.

- Son but est d'adapter les couleurs de la scène à la dynamique et à la gamme de couleur du périphérique de sortie et d'appliquer des réglages de préférence.

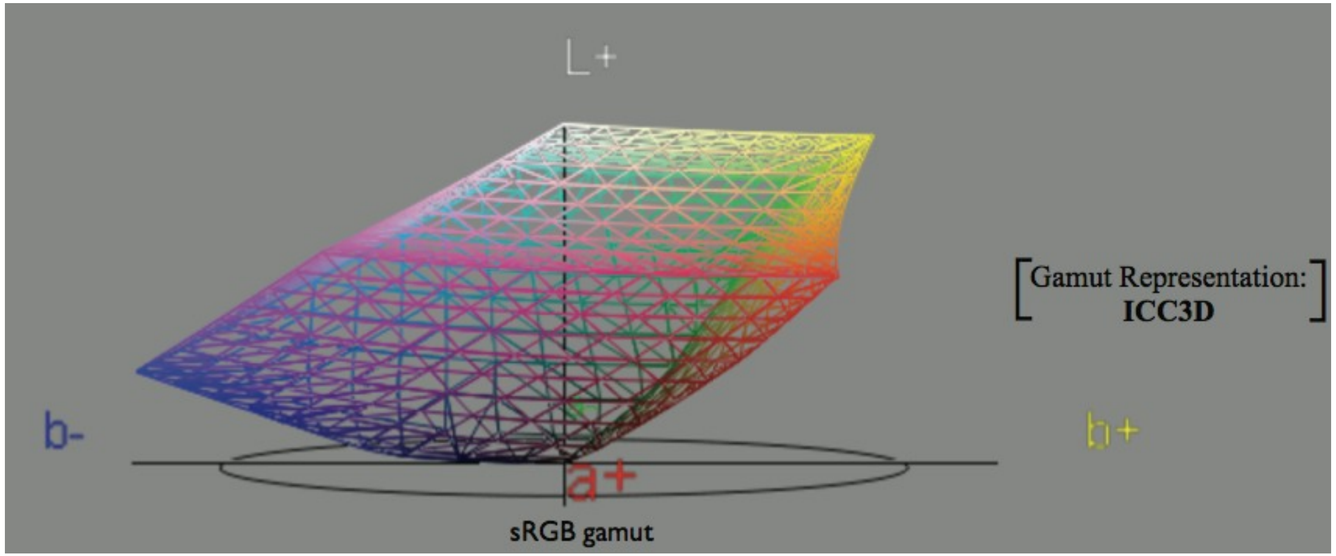


Courbe de rendu sigmoïdale



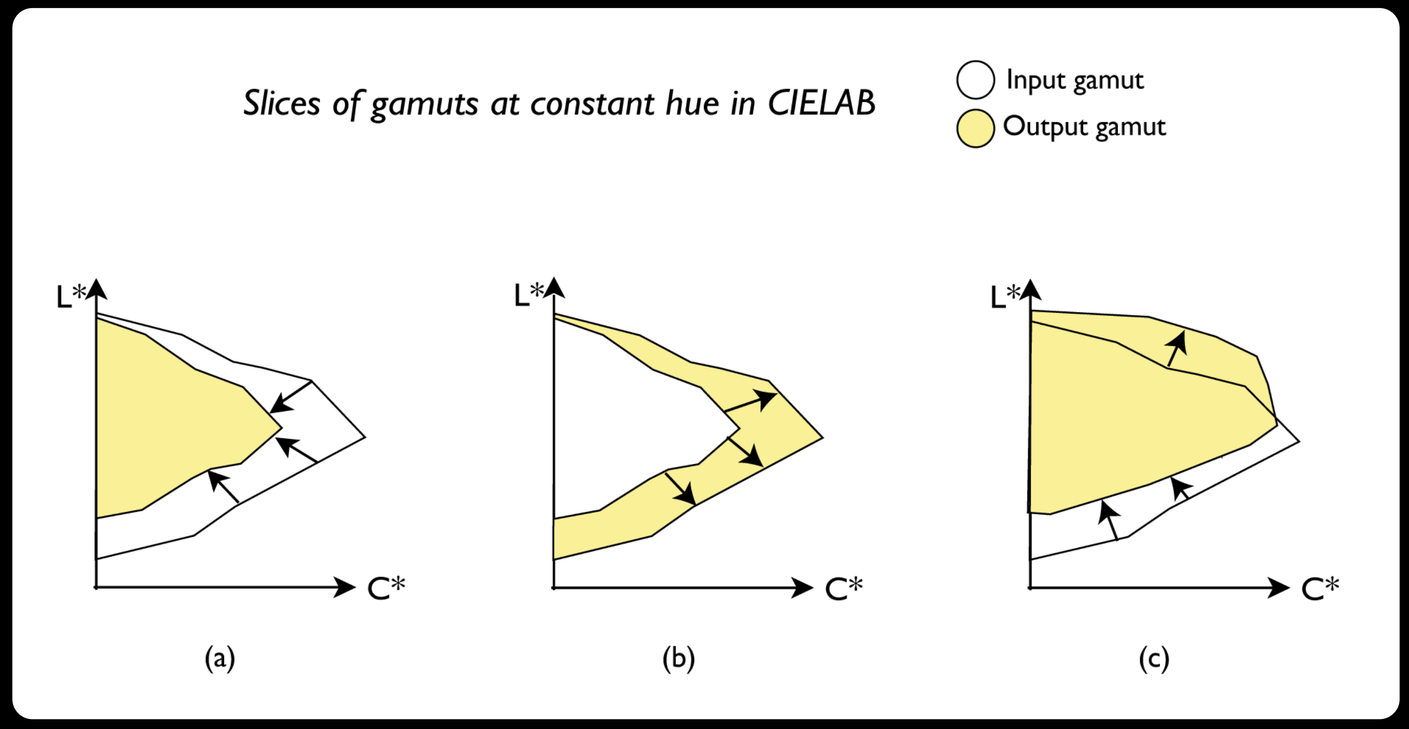
Est utilisée pour adapter la dynamique de l’image

Gamut sRGB

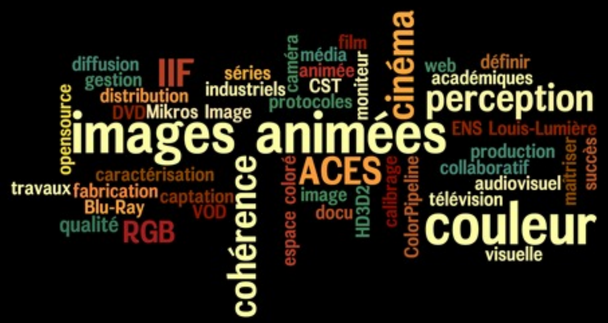


Gamut Mapping

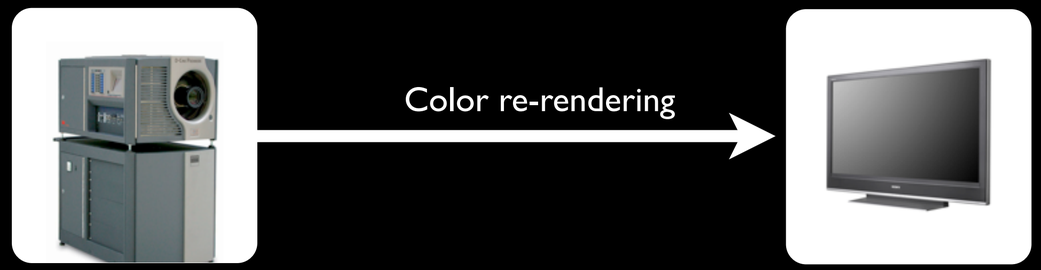
Mise en correspondance des couleurs



Est utilisé pour adapter l’image au gamut de sortie



Color re-rendering



•Adaptation modifiant les données d'une image représentant les coordonnées colorimétriques pour un périphérique et ses conditions de visualisation pour obtenir les données colorimétriques de la reproduction de cette image pour un autre périphérique ou d'autre conditions de visualisation.

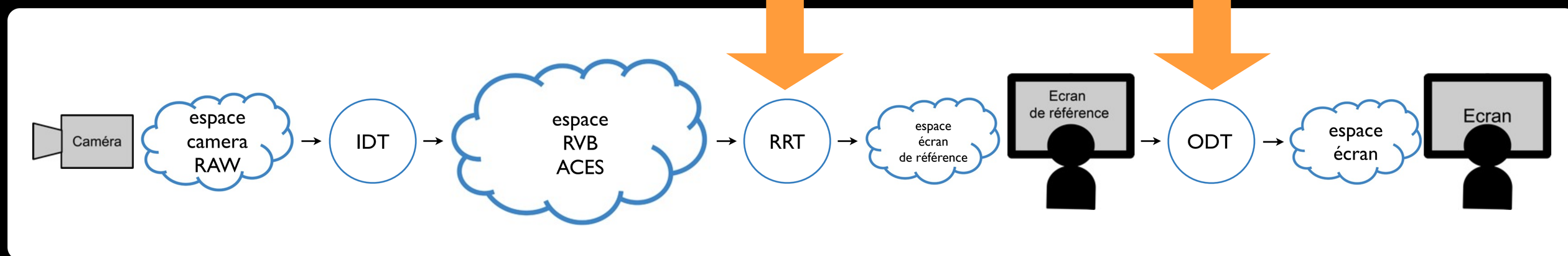
•Cette adaptation inclut l'application d'algorithmes de compensation des conditions de visualisation, des courbes 2D de type fonction sigmoïde (dite aussi courbe en S), et mise en correspondance des gammes de couleurs.

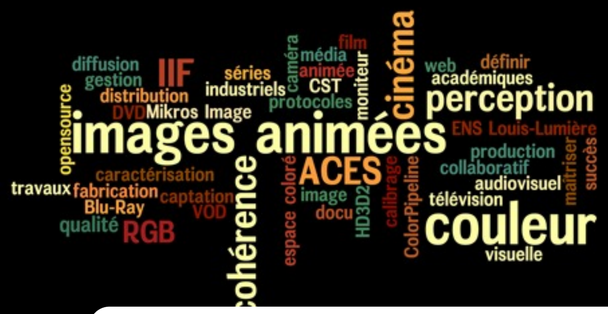
•Son but est d'adapter l'image à la dynamique et à la gamme de couleur du nouveau périphérique de sortie et d'appliquer des réglages de préférence.

Rendering, re-rendering
dans le flux ACES

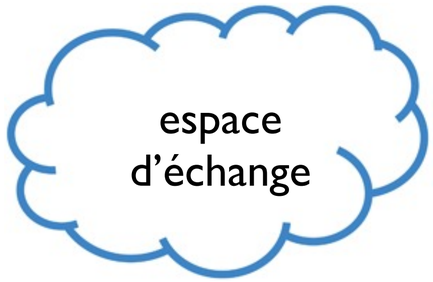
Rendering

Re-rendering



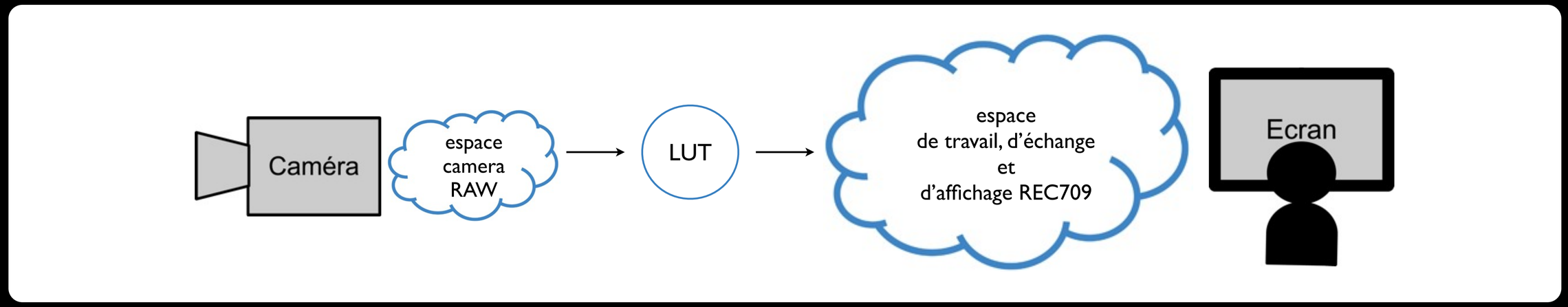


Espace d’échange

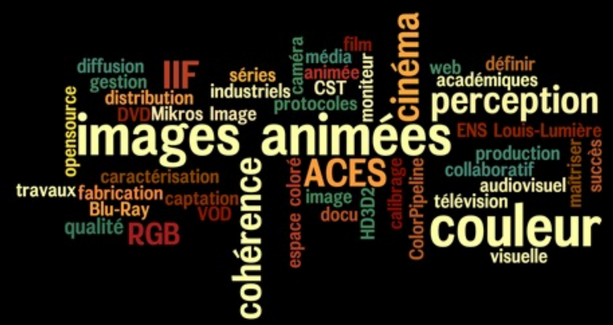


- Espace couleur, large.
- Clairement défini, ouvert.
- Compatible avec le plus d’outils existants possible.
- Le calcul de conversion vers cet espace doit être facile et rapide.
- Associé à un profil ICC de bonne qualité.

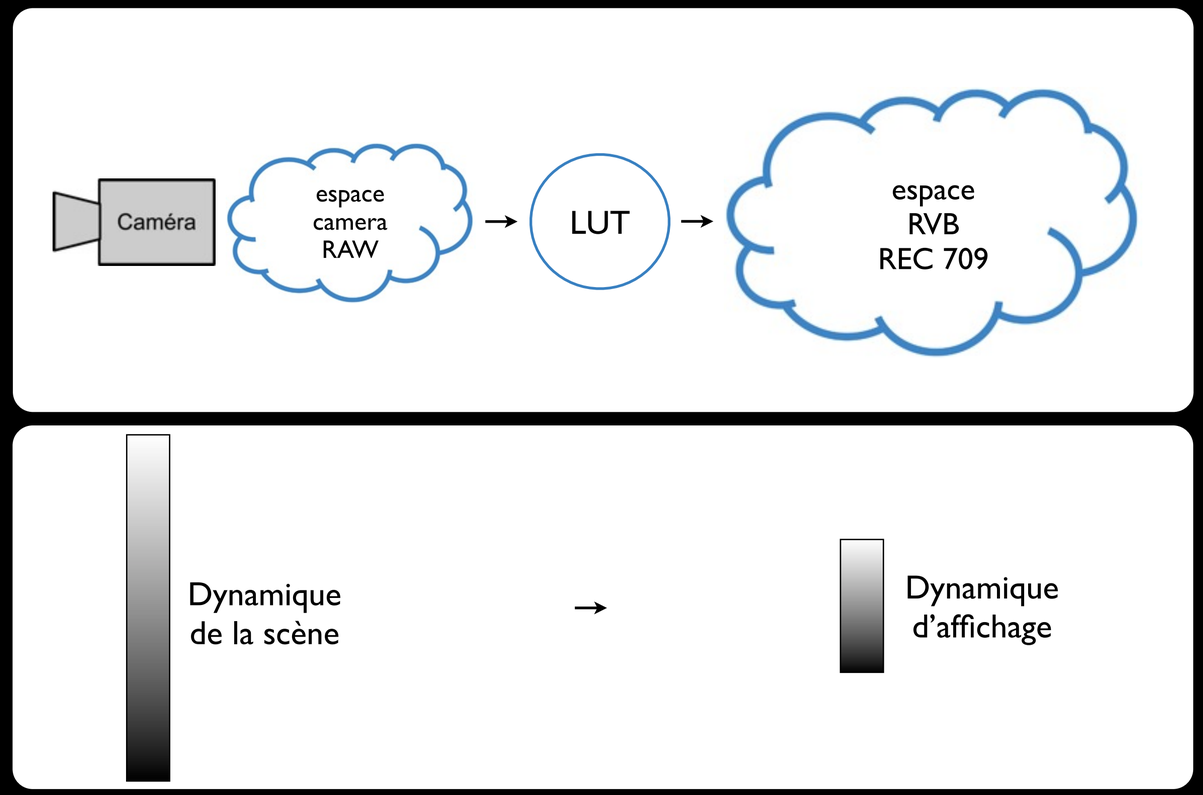
Flux de travail REC709



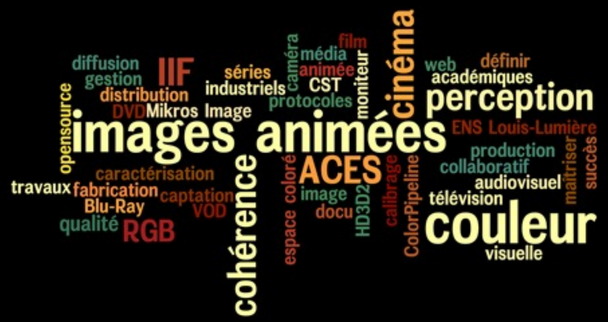
- Basé sur l'espace d'un moniteur vidéo.
- L'espace d'échange, de travail et d'affichage sont un seul et même espace.
- Cet espace est très petit: certaines couleurs affichables sur un projecteur professionnel ne sont pas dans cet espace.
- Il n'est donc pas optimal pour l'échange de données dans le contexte des labos ciné.



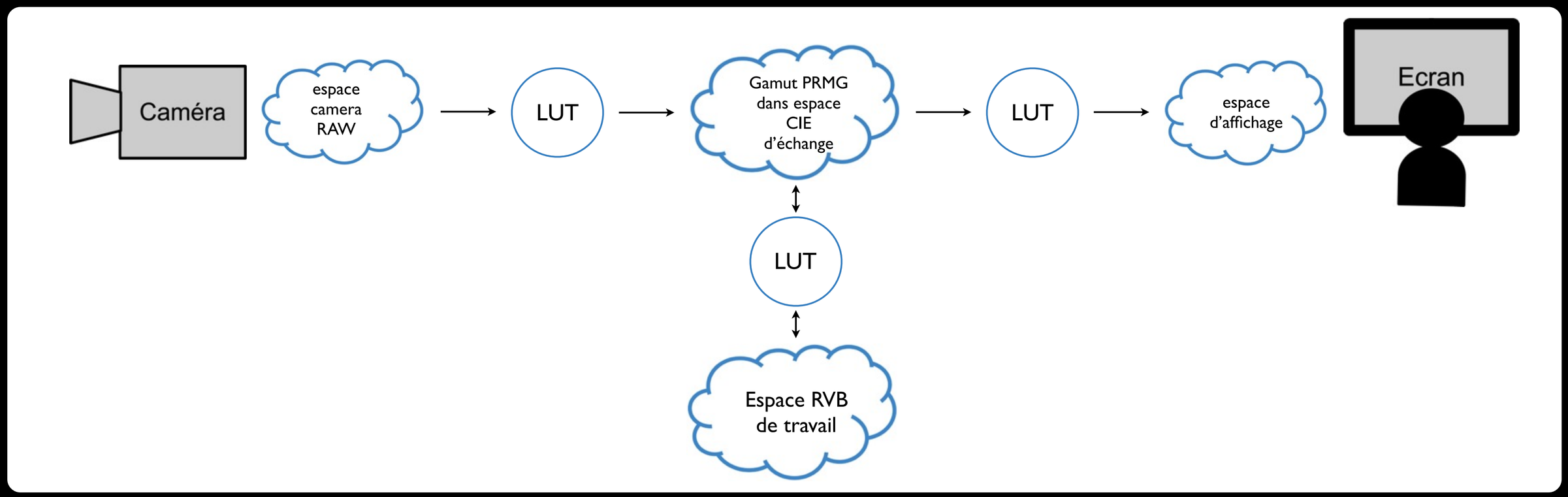
REC 709 comme espace d'échange



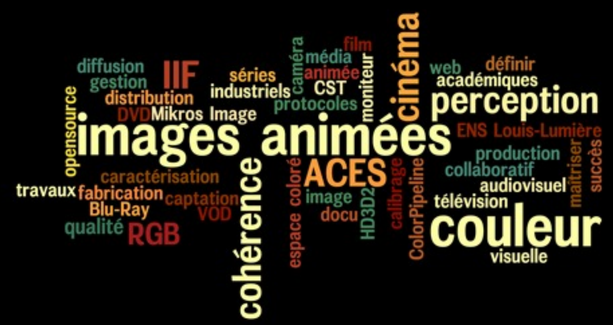
- C'est un espace RVB, indépendant
- Il est très petit
- Il est non linéaire par rapport à la scène



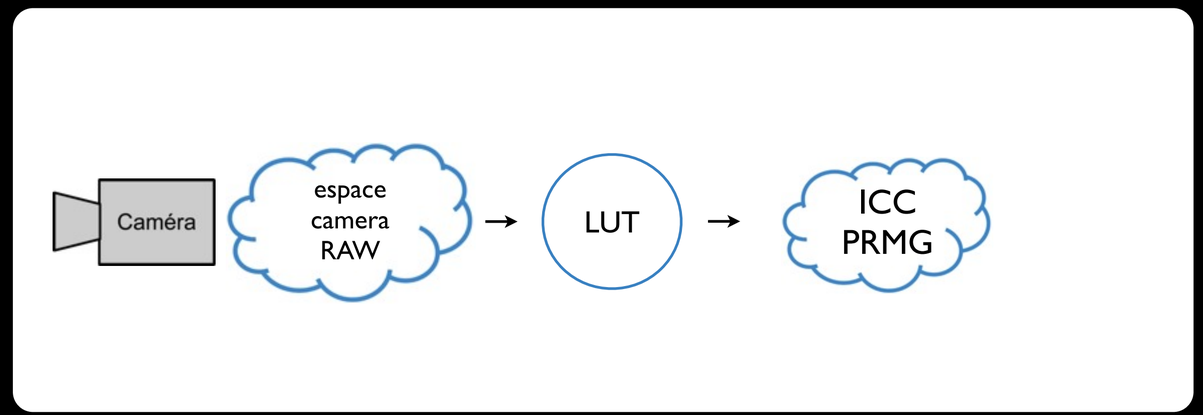
Flux de travail ICC v4

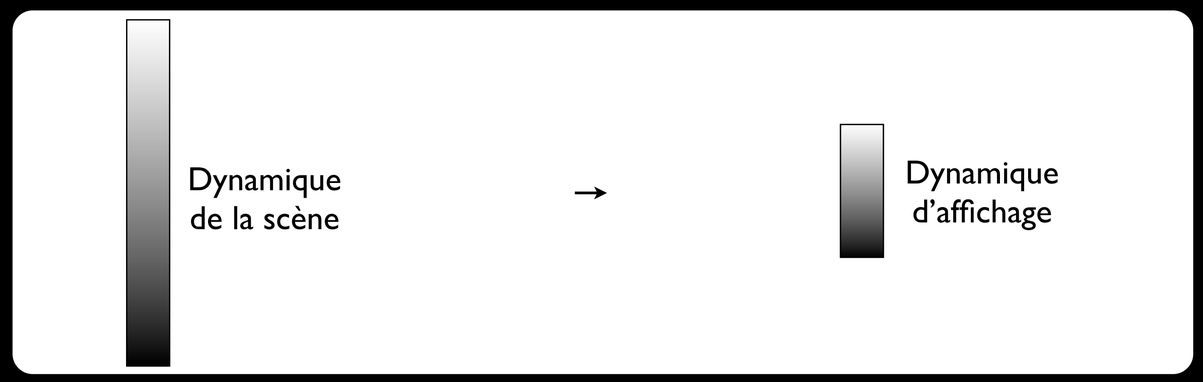


- Les espaces d'échange, de travail et d'affichage sont distincts.
- Conçu pour l'industrie de l'impression, pas optimal pour l'industrie du cinéma.



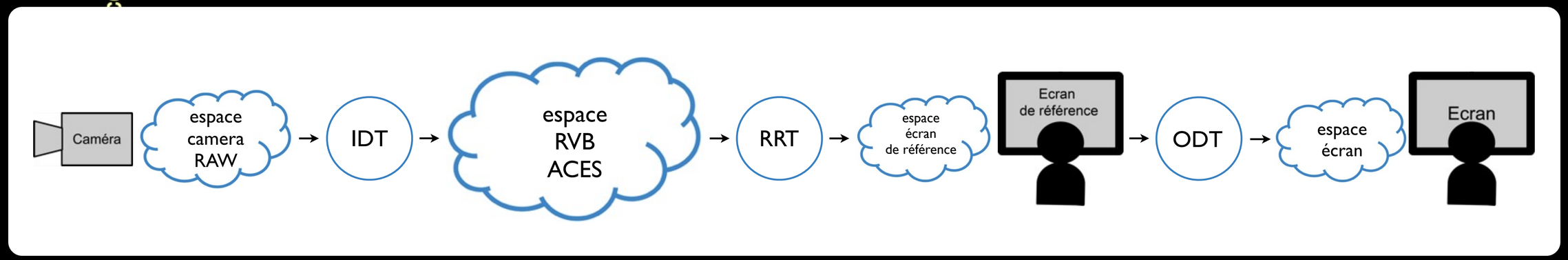
ICC PRMG comme espace d'échange



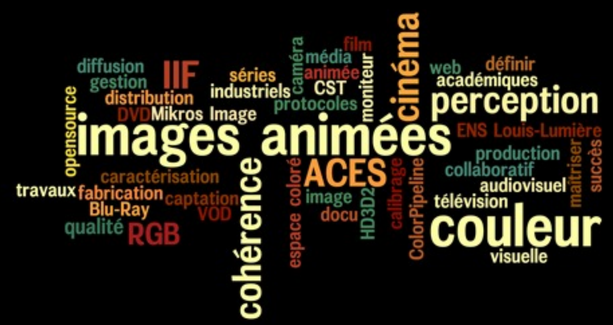


- C'est un gamut de systeme d'impression
- Pas adapté au cinéma numérique

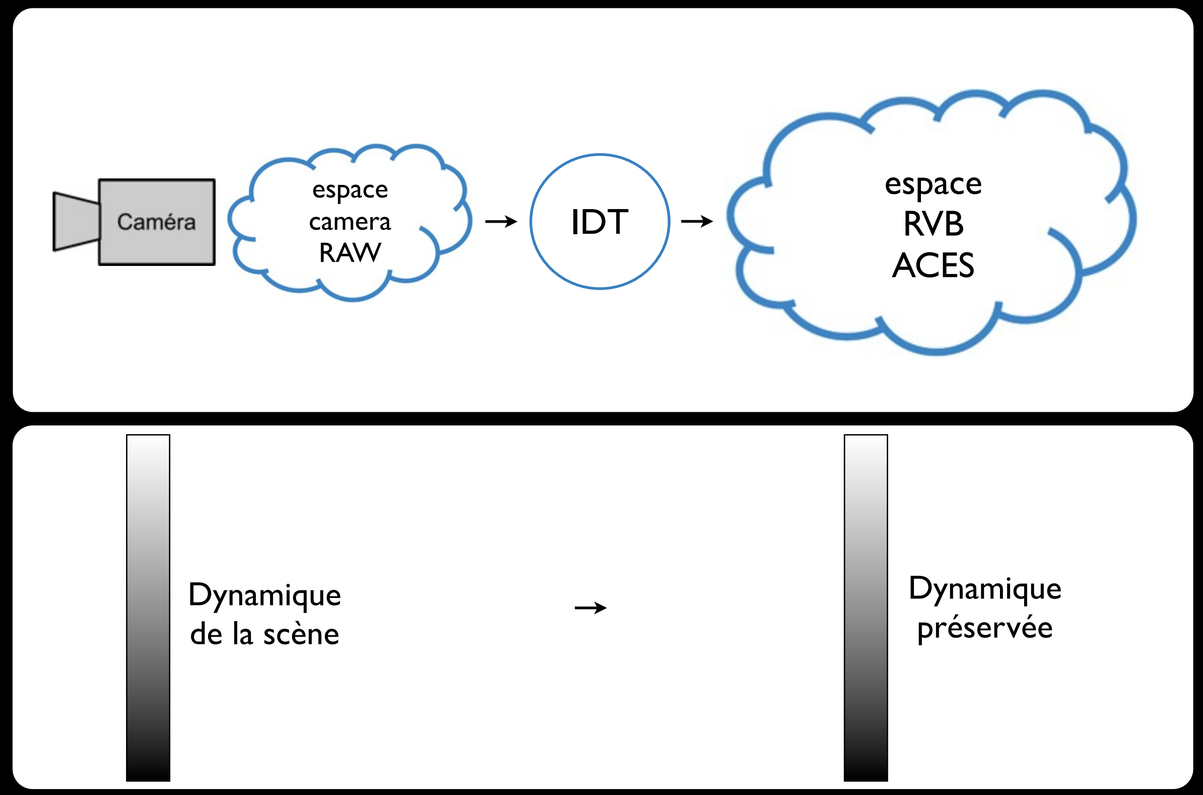
Flux de travail ACES



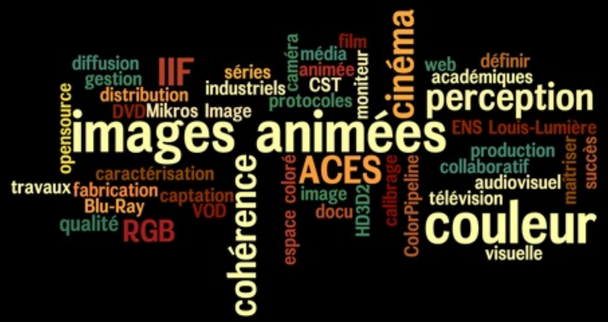
- L’espace d’échange et l’espace d’affichage sont distincts.
- Large, il permet d'échanger les données sans se limiter à un petit espace, donc sans perte.
- Espace RVB, il peut facilement servir d’espace de travail, il est compatible avec les outils manipulant des images RVB.
- Il est très large. Il faut adapter les images pour les projeter ou les afficher.



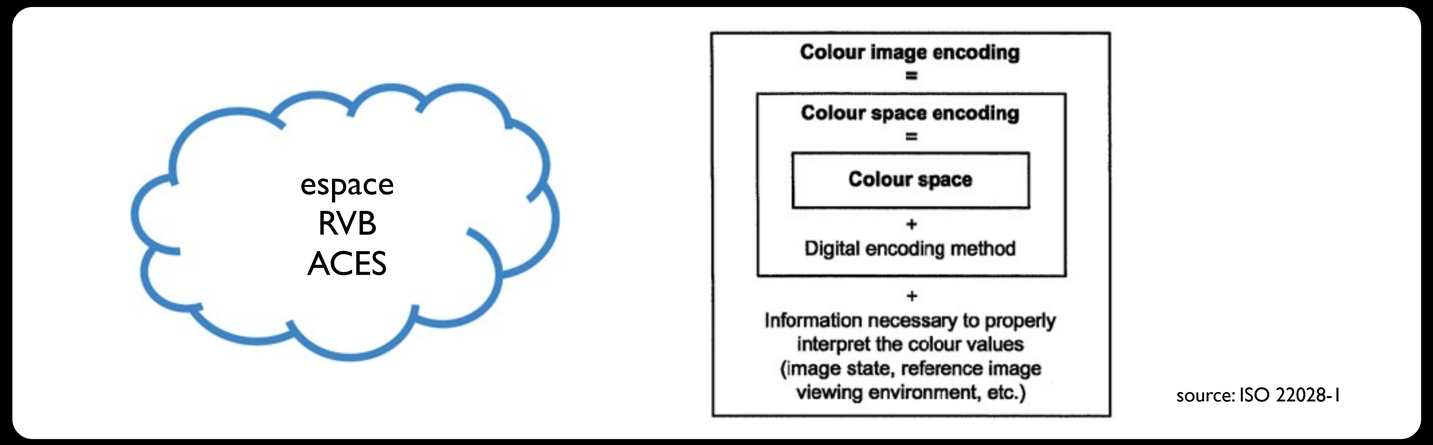
ACES comme espace d'échange



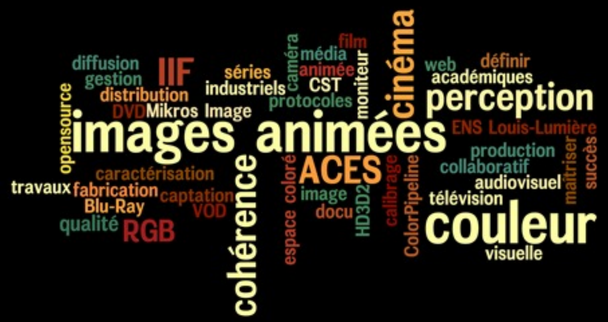
- C'est un espace RVB, indépendant
- Il est très large
- Il est linéaire par rapport au CIE XYZ



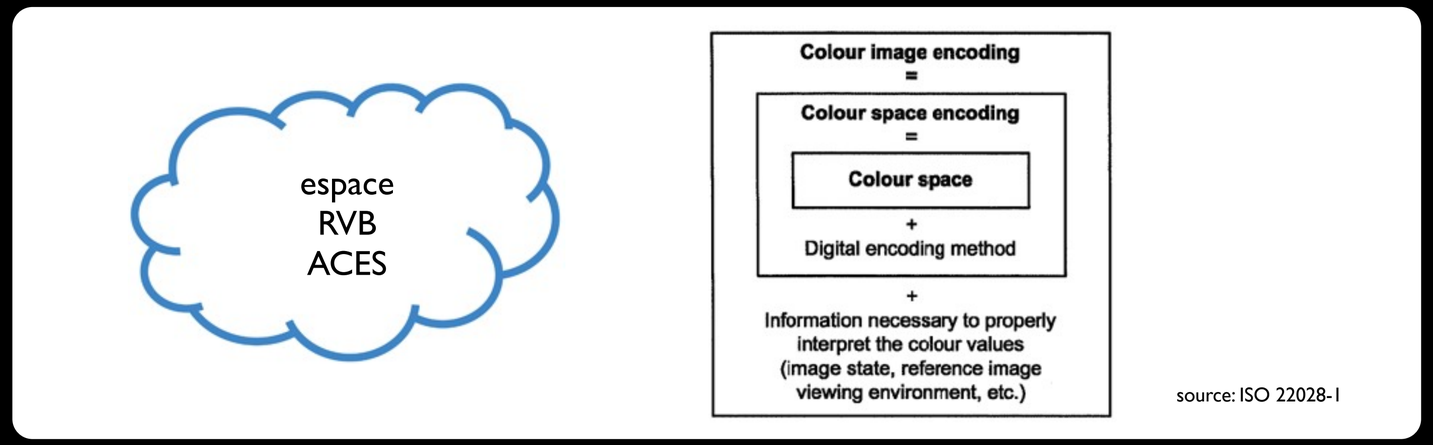
ACES: une spécification en 3 parties



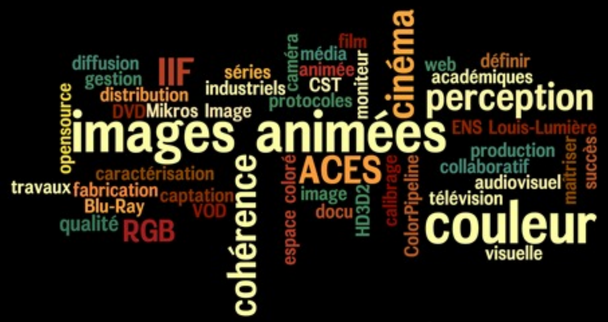
- Un espace colorimétrique
- Un encodage de l’espace colorimétrique
- Un encodage de l’image couleur



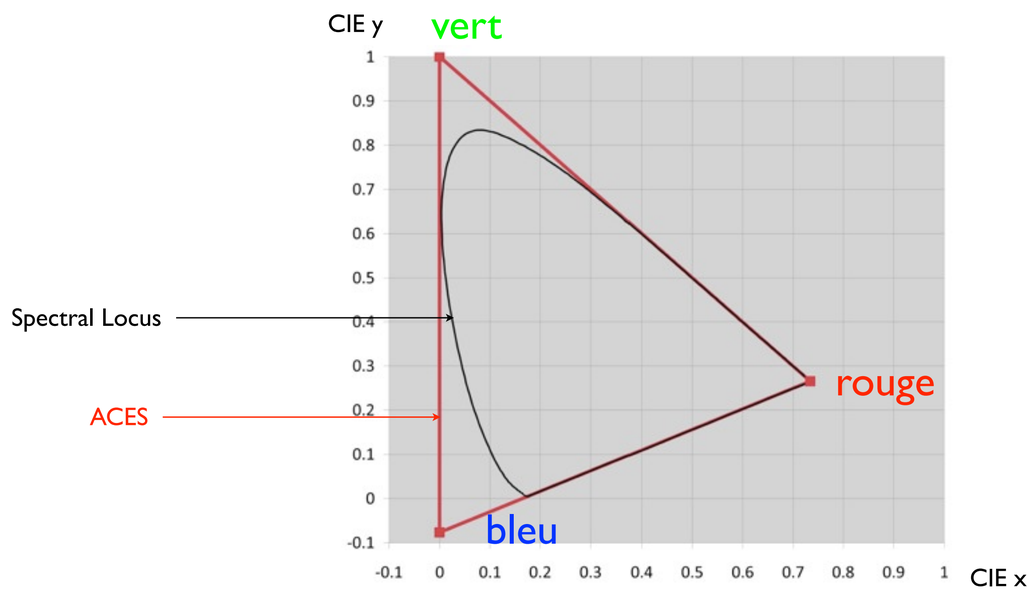
ACES: l'espace colorimétrique



- Primaires RVB définies dans CIE xy
- Passage de ACES RVB à CIE XYZ
- Passage de CIE XYZ à ACES RVB



Primaires de l'ACES dans CIE xy



	R	V	B	CIE x	CIE y
Rouge	1,00000	0,00000	0,00000	0,73470	0,26539
Vert	0,00000	1,00000	0,00000	0,00000	1,00000
Bleu	0,00000	0,00000	1,00000	0,00010	-7,7E-02

- L'ensemble des valeurs valides ACES RVB inclut un sous-ensemble dont la projection dans le diagramme de chromaticité CIE tombe en dehors de la région qui représente les couleurs visibles.
- Ce sous-ensemble inclut certaines couleurs avec une ou plusieurs valeurs ACES négatives; il inclut certaines couleurs dont les valeurs sont toutes positives mais dont la projection tombe en dehors du spectral locus.

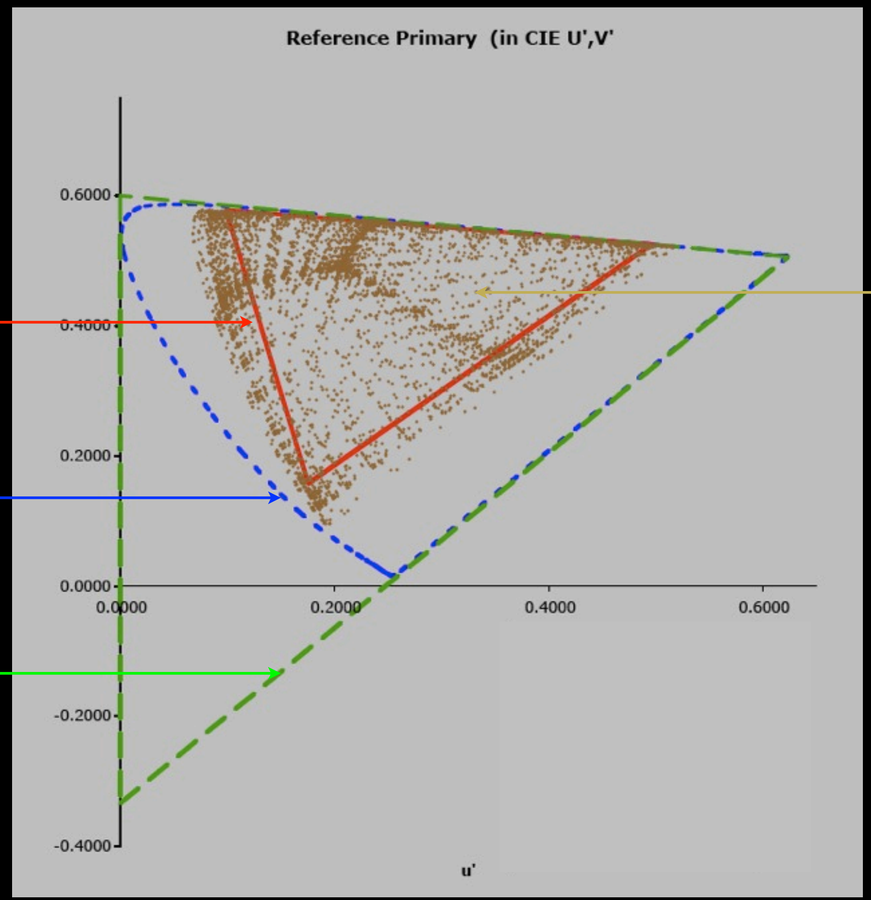
Primaires de l’ACES dans CIE u’ v’

Comparaison avec d’autres primaires

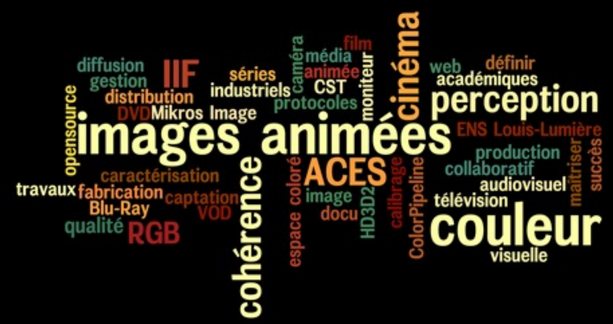
Digital Light Processing Projector(DLP)

Spectral Locus

ACES



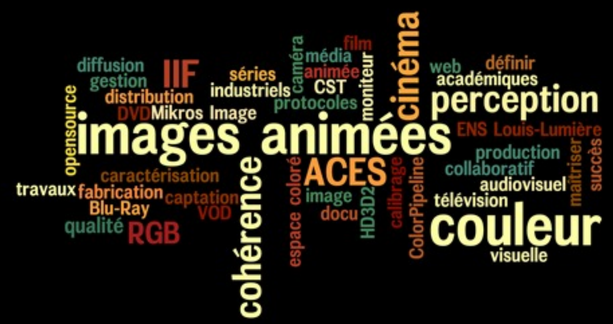
FILMS



Convertir les valeurs ACES RVB en valeurs CIE XYZ

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.9525523959 & 0.0000000000 & 0.0000936786 \\ 0.3439664498 & 0.7281660966 & -0.0721325464 \\ 0.0000000000 & 0.0000000000 & 1.0088251844 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

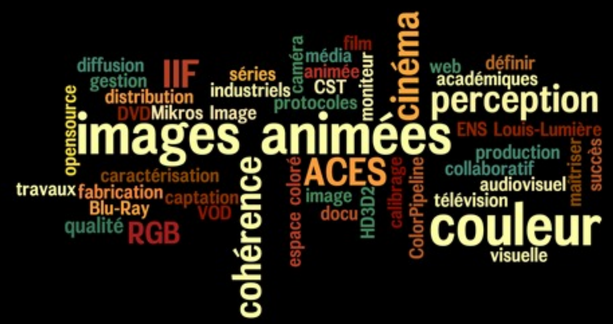
Les triplets de valeurs ACES R, V, et B sont convertis en valeurs normalisées CIE XYZ



Convertir les valeurs CIE XYZ en valeurs ACES RVB

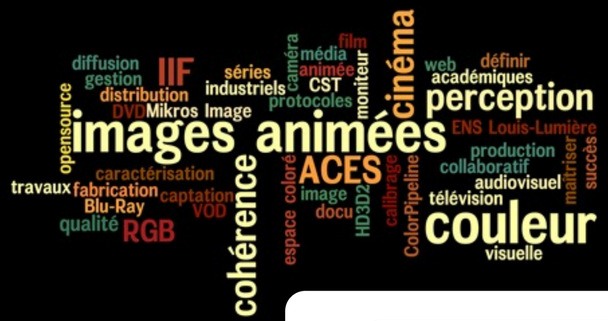
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.0498110175 & 0.0000000000 & -0.0000974845 \\ -0.4959030231 & 1.3733130458 & 0.0982400361 \\ 0.0000000000 & 0.0000000000 & 0.9912520182 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

Les triplets de valeurs normalisées CIE XYZ sont convertis en valeurs ACES R, V, et B

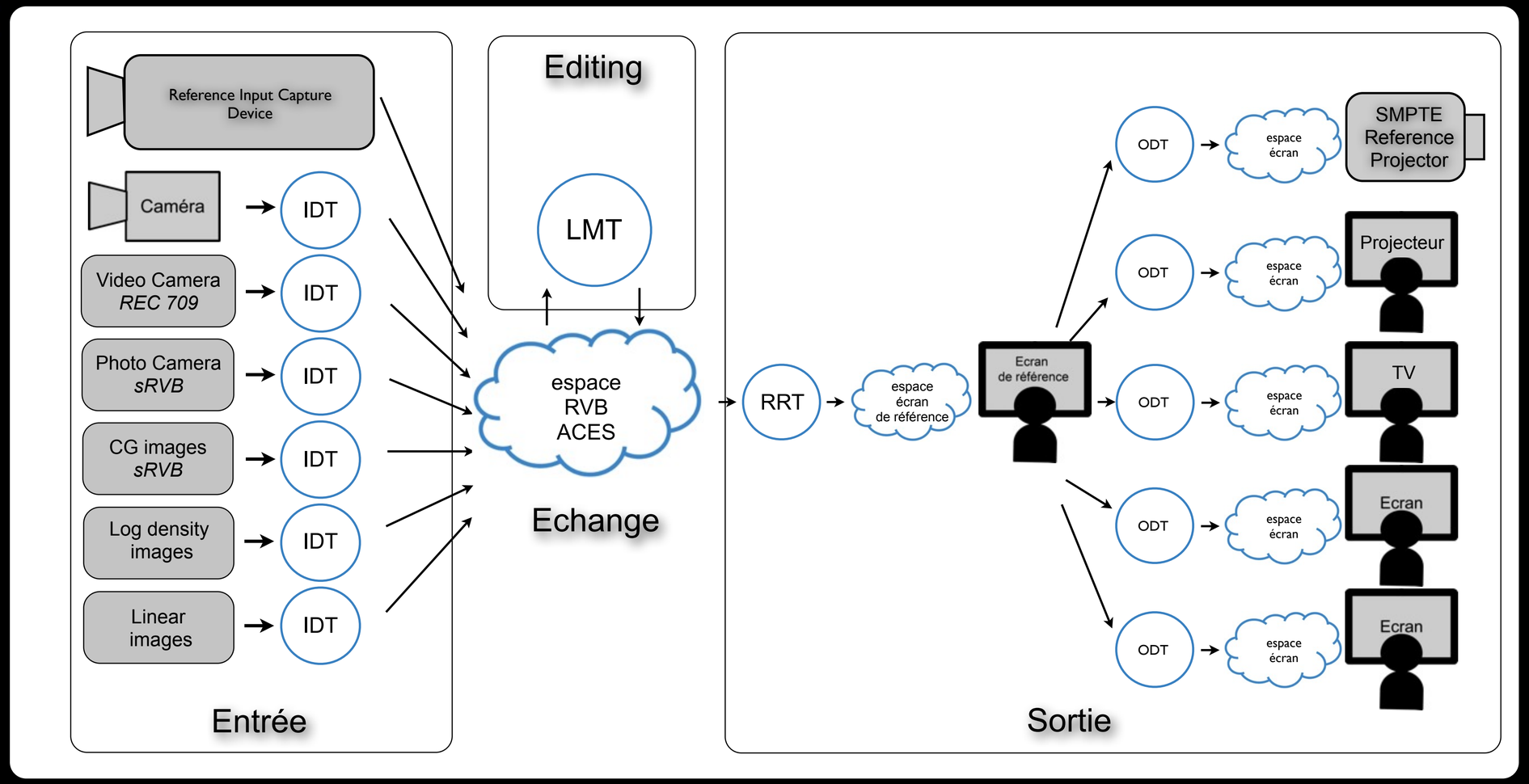


Encodage des valeurs des composantes couleurs

- Les valeurs ACES sont encodées en nombres 16-bits flottants.
- Des valeurs flottantes de plus haute-precision peuvent être utilisées dans les calculs mais le résultat des calculs doit rester compatible avec l'encodage en 16-bits flottants.
- Environnement de visualisation dit “normal”.
- Pas de flare de visualisation.
- Le niveau de luminance de l'environnement de référence ACES est celui d'une scène extérieure illuminée en lumière du jour, dans lequel un diffuseur réfléchissant parfaitement, aurait un niveau de luminance d'au moins 1.600 candelas par mètre carré.

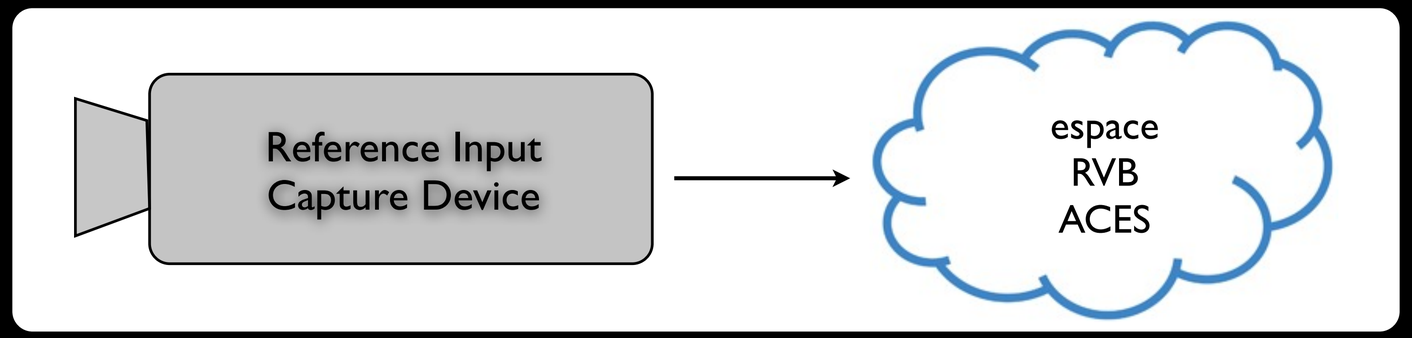


Flux numérique de l'Academy



Reference Input Capture Device (RICD)

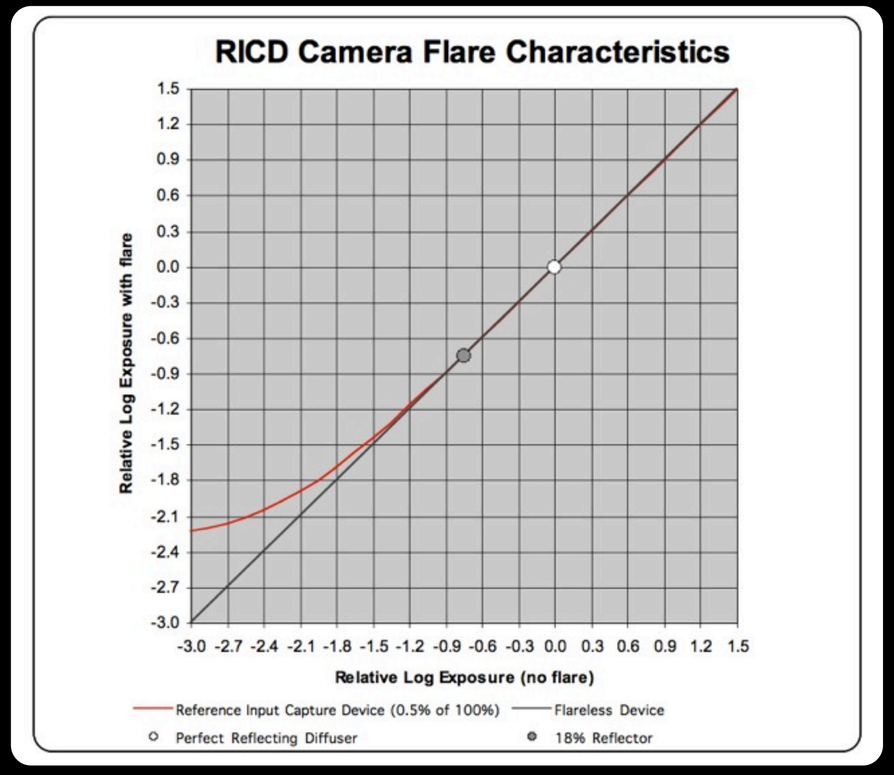
Caméra de référence



- C’est une idéale à laquelle on peut comparer les caméras existantes.
- Basée sur la définition des primaires ACES RVB, et sur les fonctions colorimétriques de l’observateur standard CIE 1931.
- Etant une caméra idéale, elle est théoriquement capable de distinguer et enregistrer toute couleur visible, et de capturer une gamme de luminances qui excède celle de n’importe quelle camera contemporaine ou future.
- Le but du RICD est de fournir une relation fixe et documentée, non ambigüe, entre les couleurs de la scène et les valeurs RVB encodées.

Reference Input Capture Device (RICD)

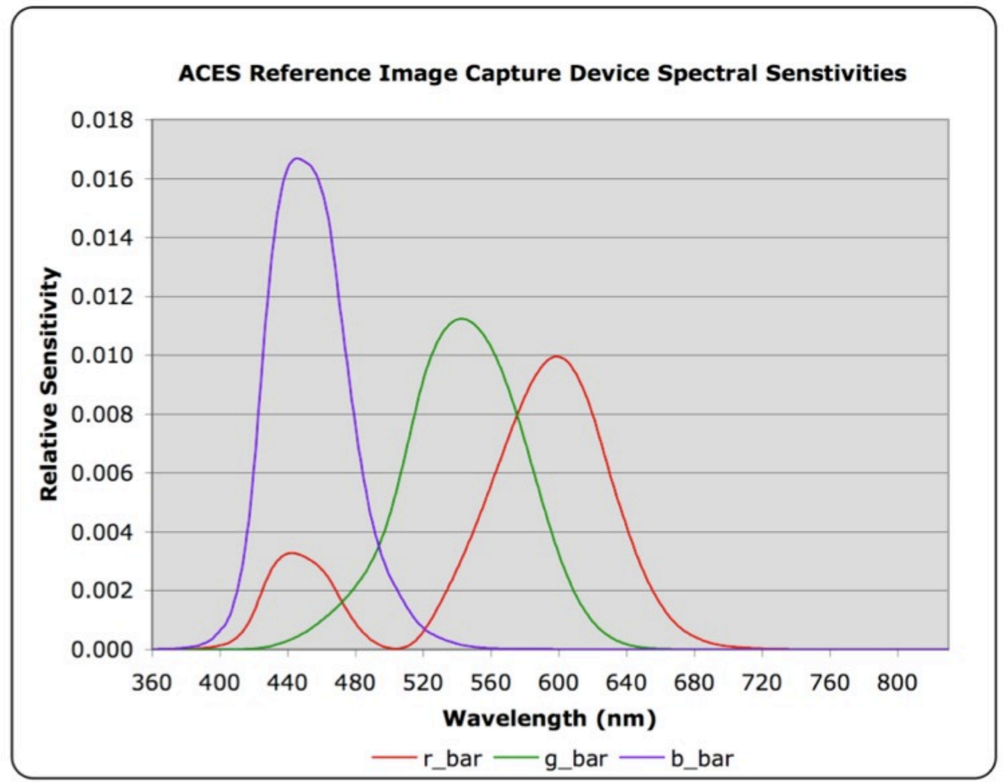
Flare



- Les valeurs RVB de l'ACES représentent les couleurs de la scène vues par la caméra de référence (RICD), elles incluent un flare défini comme 0.5% des valeurs d'un diffuseur par réflexion parfait.

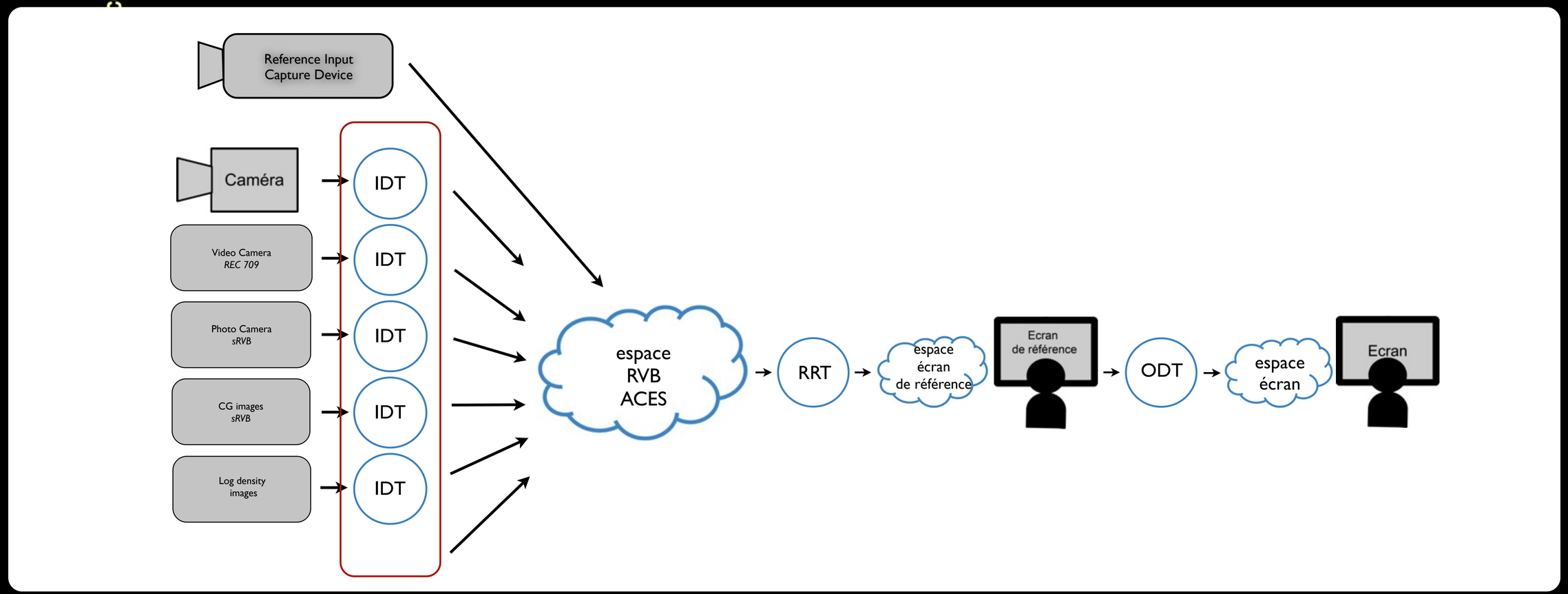
Reference Input Capture Device (RICD)

Sensibilité spectrale

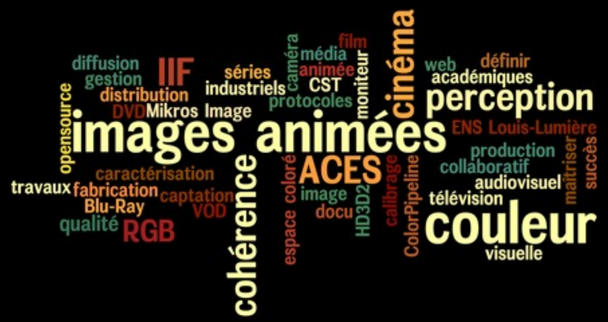


Input Device Transform (IDT)

Opérateur de mise en conformité des périphériques de capture

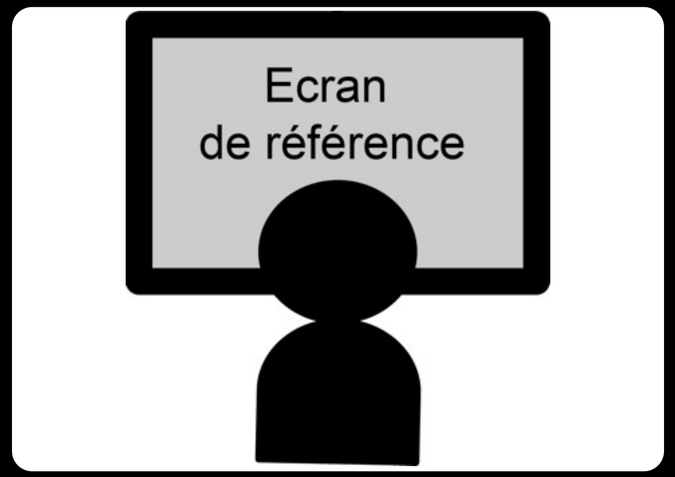


Une Input Device Transform (IDT) convertit les données de l'image venant de cette caméra en valeurs d'exposition relatives ACES RVB, identiques à celles que la caméra de référence RICD aurait enregistrées.



Reference Display Device (RDD)

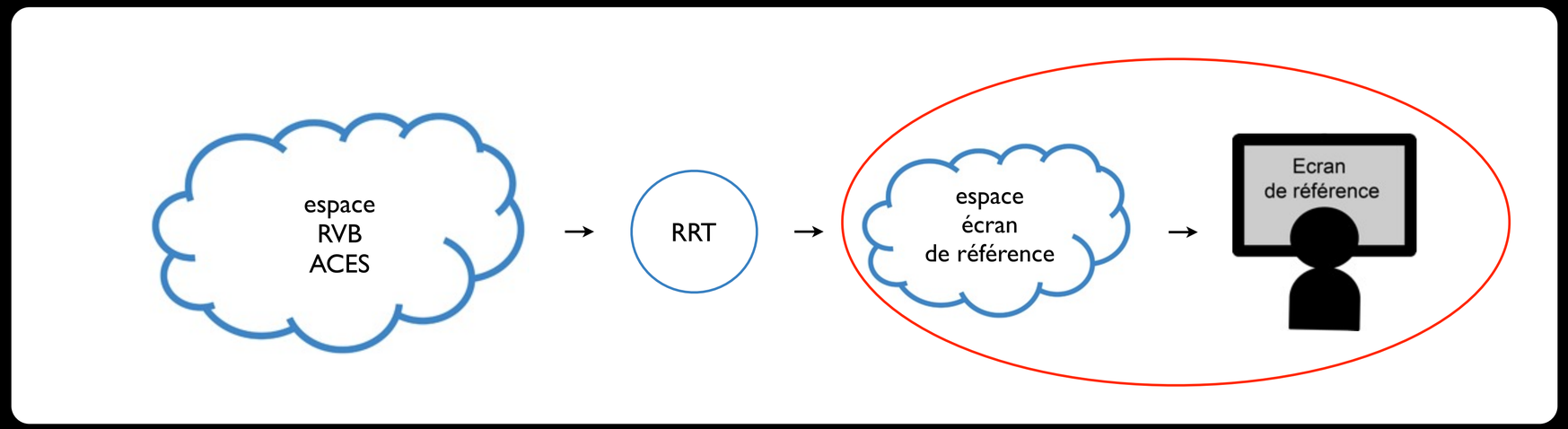
Ecran de référence



- Périphérique de sortie idéal
- Dispose d'un gamut de couleur et d'une dynamique qui dépassent tout écran existant (ou même anticipé).
- Dynamique: 1,000,000 pour 1

Output Color Encoding Space (OCES)

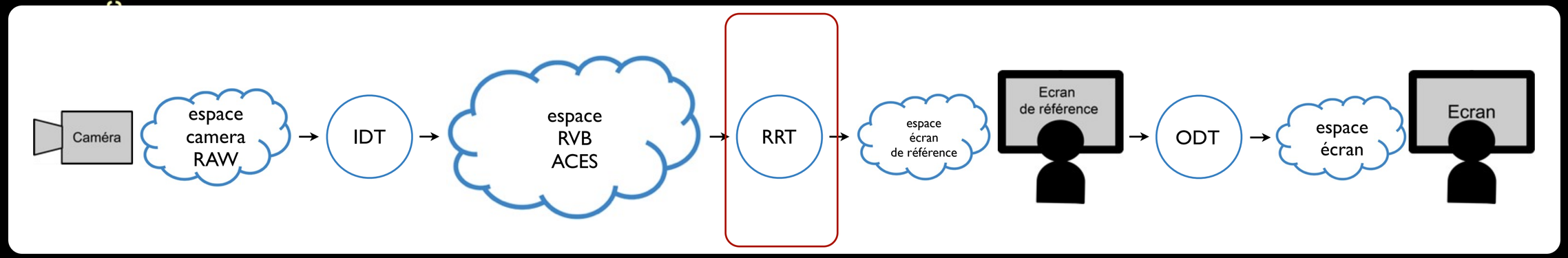
Espace couleur d'encodage en sortie



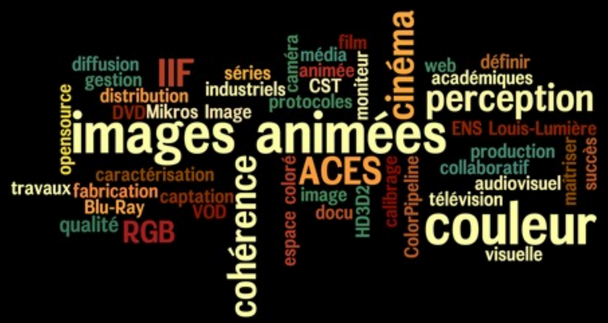
- Cet espace couleur est utilisé par l'Image Interchange Framework pour représenter les images à afficher sur l'écran de référence Reference Display Device (RDD).
- C'est un espace intermédiaire dans le flux, entre ACES et l'espace d'affichage.

Reference Rendering Transform(RRT)

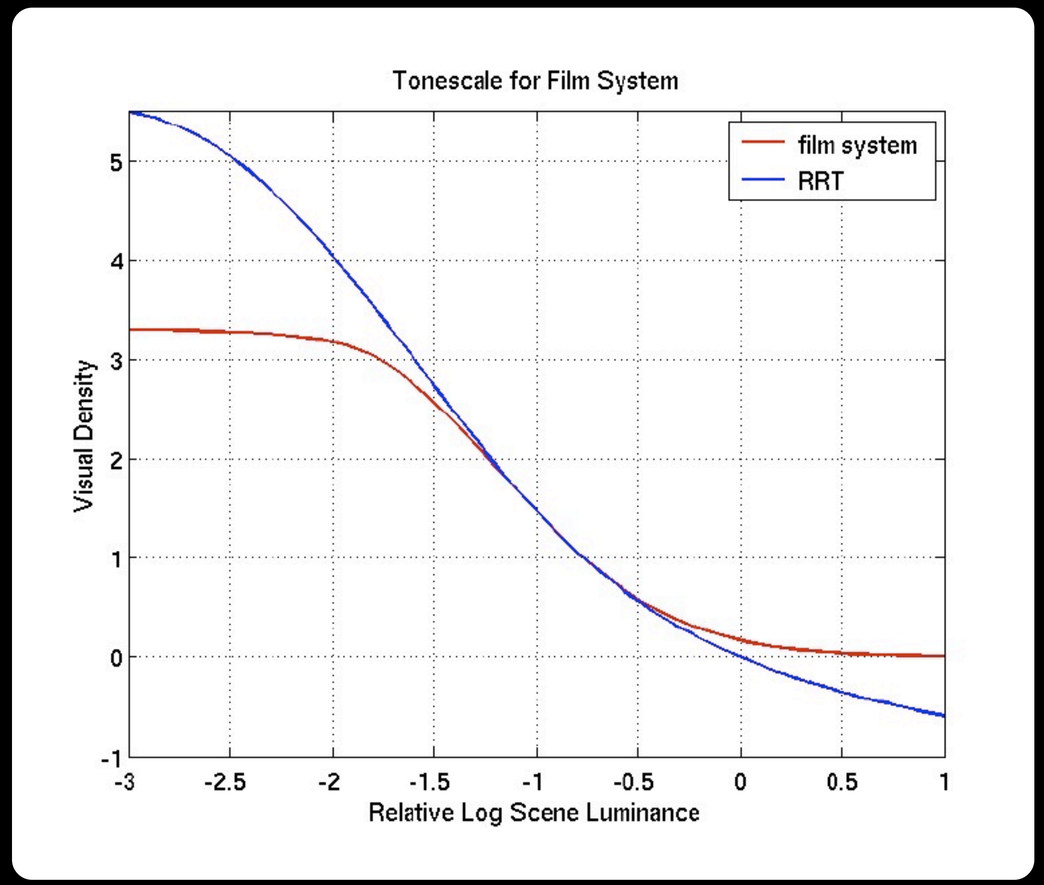
Opérateur de rendu de référence



- Opérateur mathématique “universel” de traitement de l’image qui transforme une représentation ACES de l’image en une représentation OCES appropriée pour la visualisation de l’image sur l’écran de référence RDD.
- Intention de reproduction: préférence (différent de l’intention de rendu colorimétrique, le but est de produire des belles images).
- Sous la forme d’une LUT 3D.
- Comprend une courbe sigmoïdale de rendu des valeurs + un ajustement des couleurs.
- Est inversible.



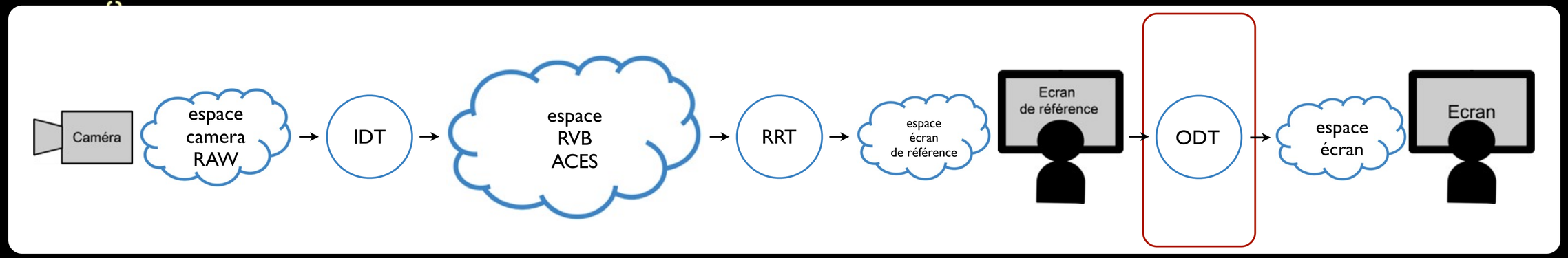
Reference Rendering Transform(RRT)



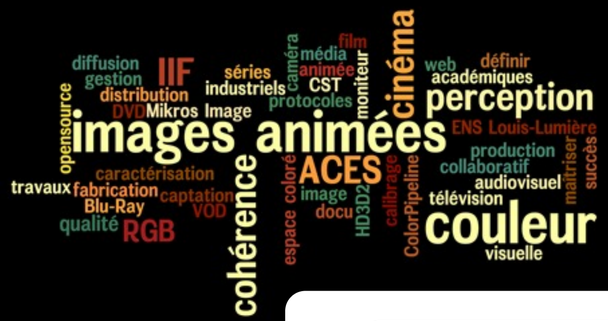
- On retrouve une courbe sigmoïdale comparable à celle des films argentiques

Output Device Transform (ODT)

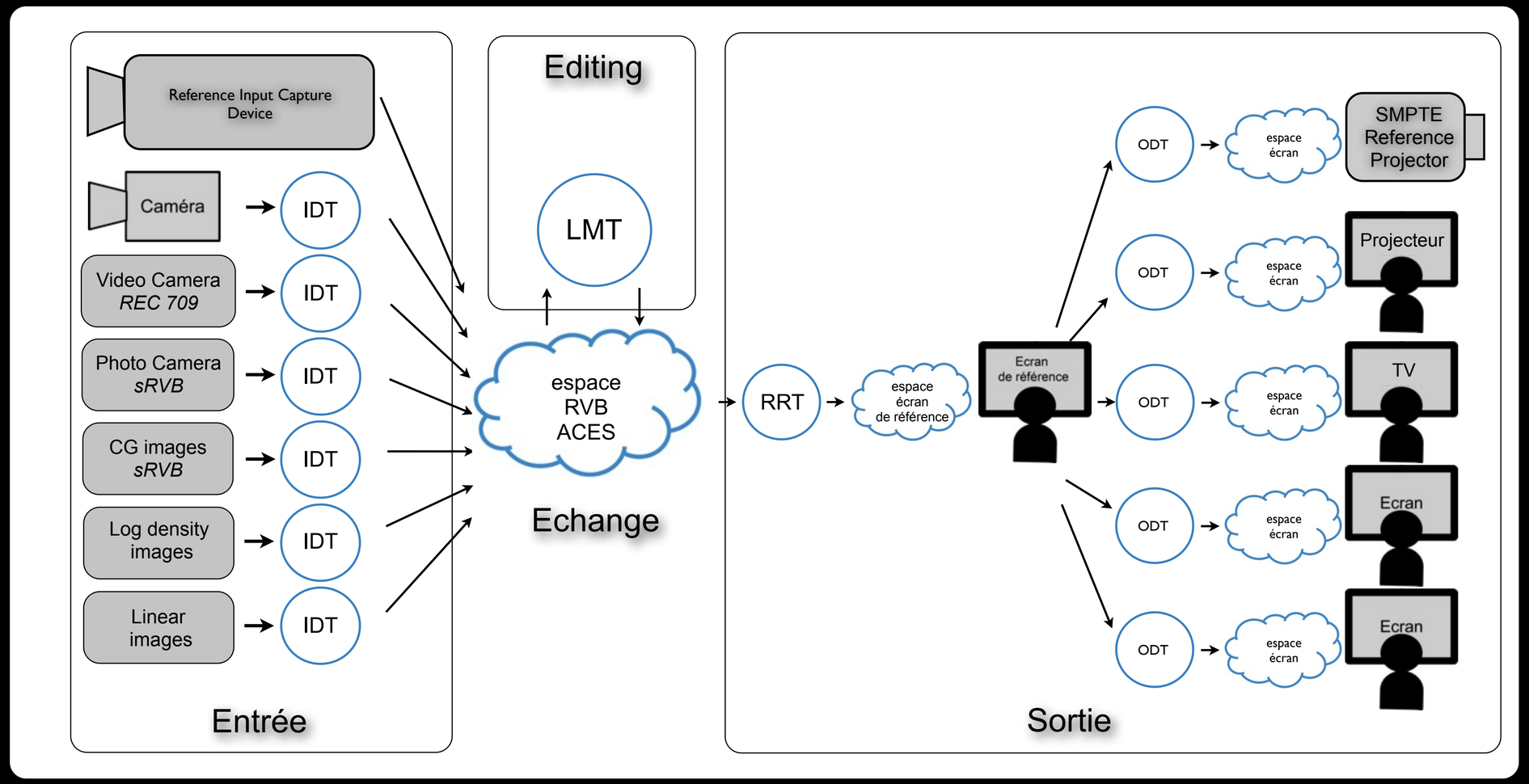
Opérateur de mise en conformité des périphériques de sortie

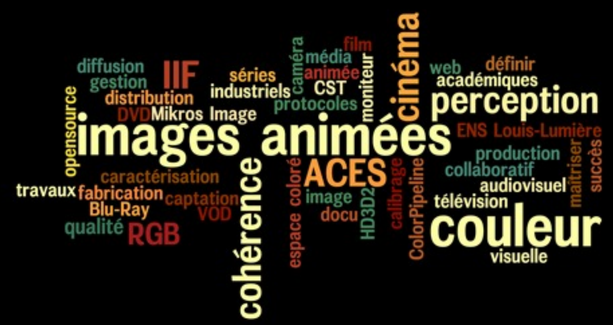


- Opérateur mathématique de traitement de l'image qui transforme l'image en une représentation appropriée pour l'affichage sur l'écran sélectionné.
- Intention de reproduction: préférence (différent de colorimétrique, le but est de produire des belles images).
- Sous la forme d'une LUT 3D.
- Comprend une courbe sigmoïdale de rendu des valeurs + un gamut mapping.
- Est inversible.



Flux numérique de l'Academy





Projecteur de référence SMPTE

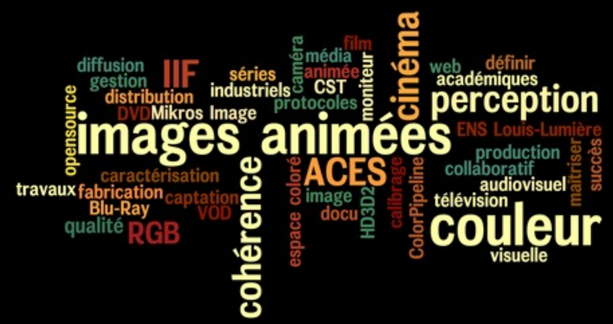
SMPTE RP-431-2

Primaires

SMPTE Reference Projector

	CIE Y	CIE x	CIE y	u'	v'
Rouge	10,06	0,6800	0,32000	0,49635	0,5255
Vert	34,64	0,2650	0,6900	0,09860	0,57767
Bleu	3,31	0,15	0,06	0,17544	0,15790
Blanc	48	0,3140	0,3510	0,2001	0,4730

- Blanc de référence sur les côtés de l'écran = 85% du centre
- Noir de référence: 0.024 cd/m2
- Contraste de référence: 2000:1
- Gamma: 2.6



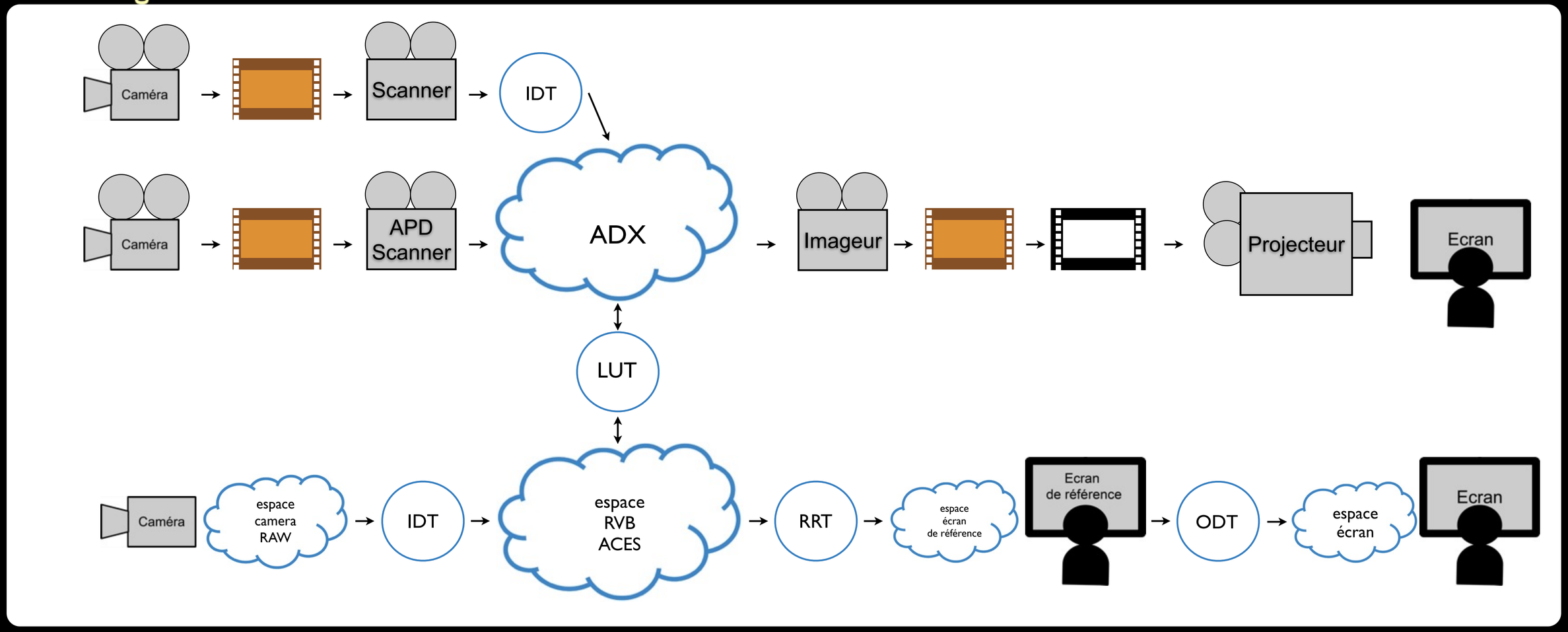
Academy Density Exchange Encoding (ADX) and the spectral responsivities defining Academy Printing Density (APD)

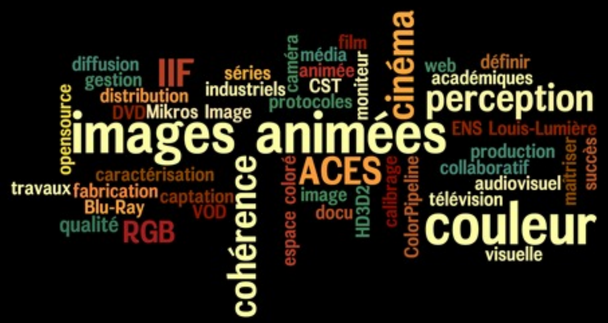
S-2008-002

Encodage de la densité film pour l'échange et les réponses spectrales définissant les densités film de l'Academy

Document proposé par le Science and Technology Council de l'Academy en 2009

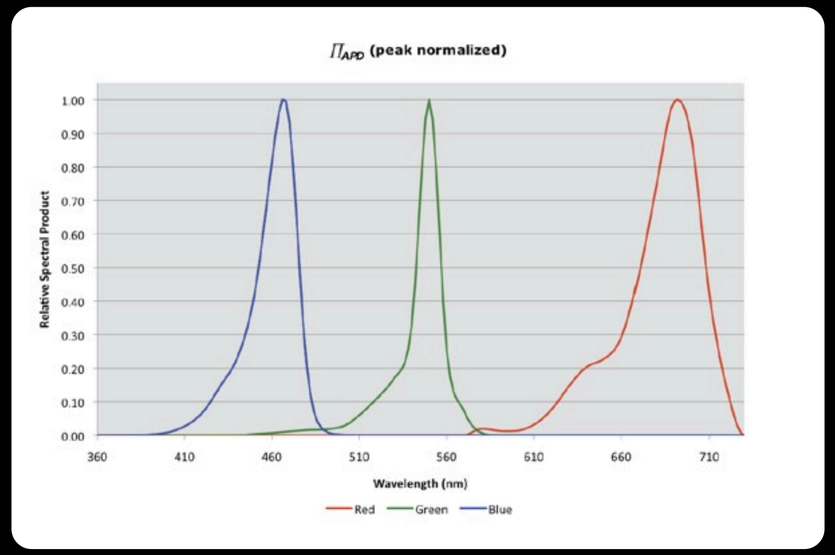
ADX et ACES


Caméra
Scanner
IDT
Caméra
APD Scanner
ADX
Imageur
Projecteur
Ecran
LUT
Caméra
espace camera RAW
IDT
espace RVB ACES
RRT
espace écran de référence
Ecran de référence
ODT
espace écran
Ecran



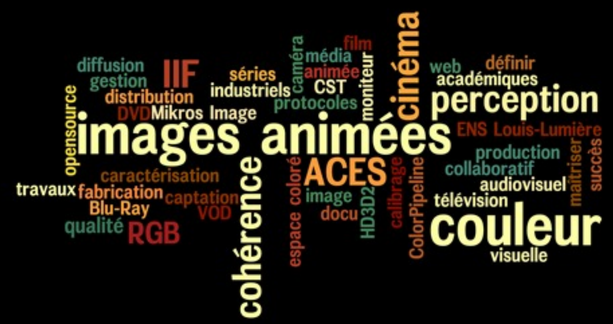
Academy Printing Density (APD)

Densité film



- Academy Printing Density (APD) est la densité optique du négatif comme vue par le film sur lequel il est tiré.

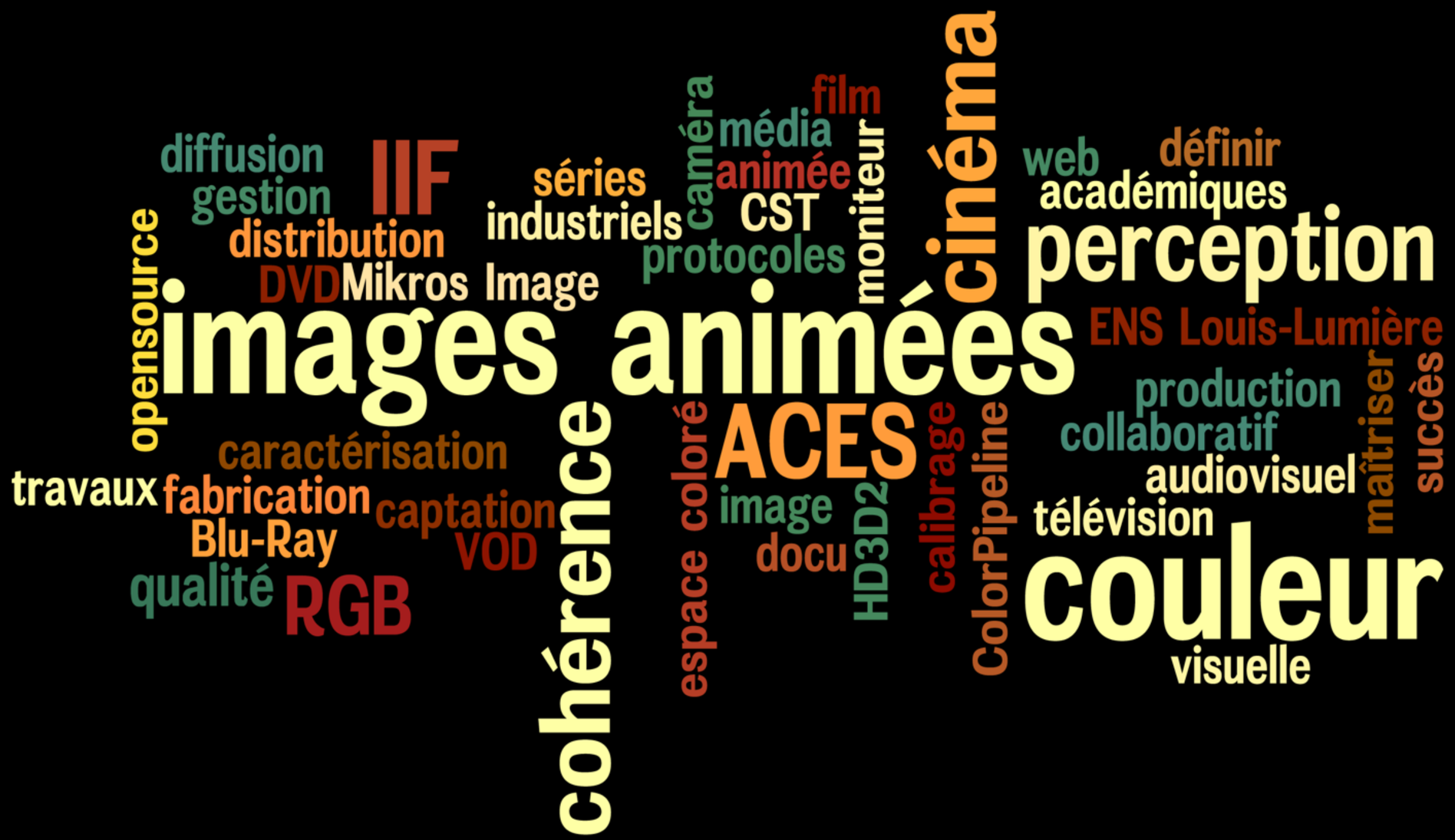
- Cette spécification S-2008-002 décrit également une méthode pour convertir les densités Status M en APD.



Academy Density Exchange (ADX)

Encodage de la densité film pour l'échange

- L'ADX est un encodage RVB de la densité des films négatifs dans le flux d'échange des images de l'Academy (IIF).
- Le document spécifie un encodage ADX 10-bit entier et un 16-bit entier.
- Les réponses spectrales qui servent de base sont également définies.
- Les valeurs ADX encodent les données de l'image en temps que valeurs Academy Printing Density (APD) d'un film négatif prévu pour être tirées sur des films des familles Kodak Vision, Fujifilm Eterna et Fujifilm F-CP.
- Cette spécification décrit les méthodes et matrice de conversion pour convertir les densités Status M en APD.


diffusion
IIF
gestion
distribution
DVD
Mikros
Image
séries
industriels
caméra
média
film
animée
CST
protocoles
moniteur
cinéma
web
définir
académiques
perception
ENS Louis-Lumière
pensource
images animées
production
collaboratif
maîtrise
succès
caractérisation
travaux
fabrication
Blu-Ray
qualité
RGB
captation
VOD
cohérence
espace coloré
ACES
image
docu
HD3D2
calibrage
ColorPipeline
télévision
audiovisuel
couleur
visuelle