

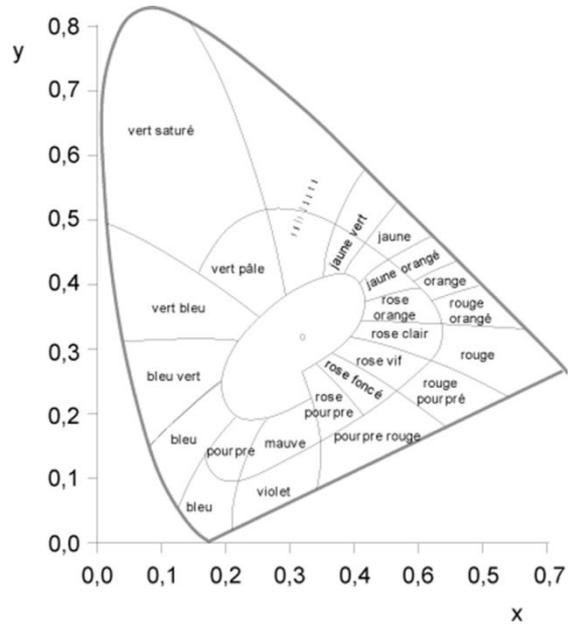
FICAM FOCUS

François Helt

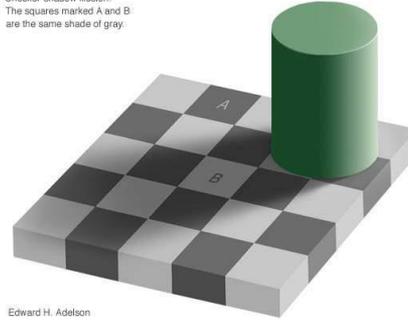
Directeur Scientifique



Colorimétrie numérique



Checker-shadow illusion:
The squares marked A and B
are the same shade of gray.



Edward H. Adelson



Une image naturelle

L'intensité lumineuse du ciel est de 10000 cd/m^2

Cette image est affichée à une intensité 100 fois moindre

La dynamique de la scène est proche de 10000

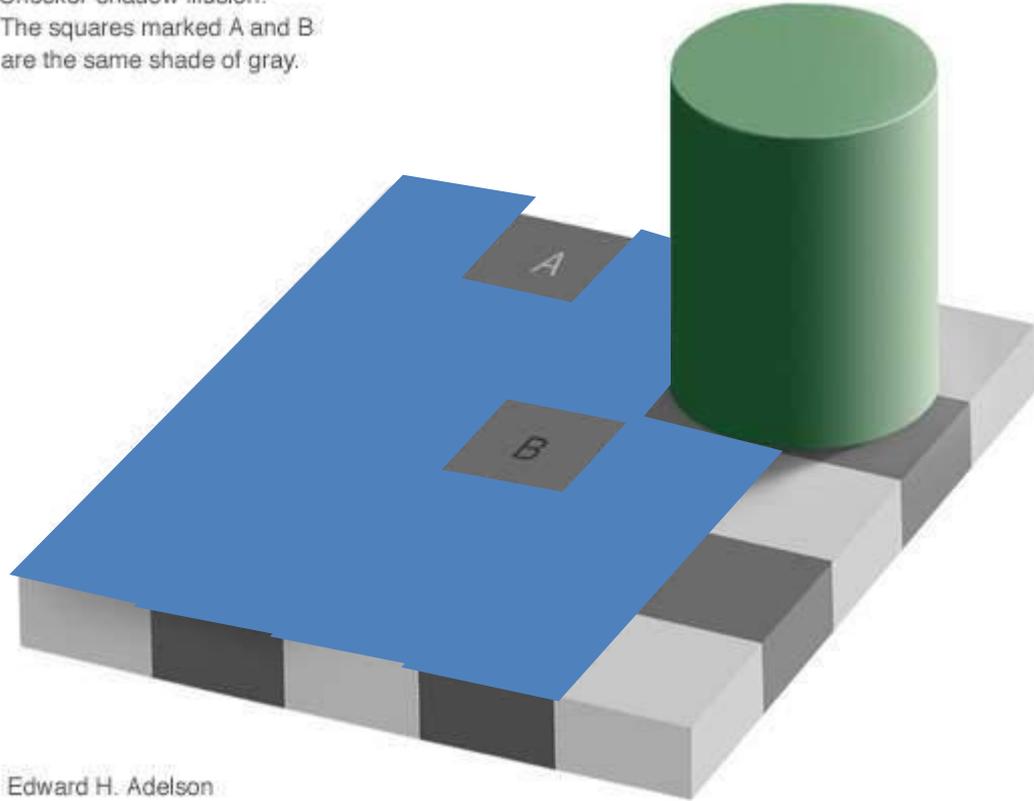
Celle de l'image numérique est de 256

Celle de l'affichage inférieure à 100



La perception d'une image est différente de sa représentation

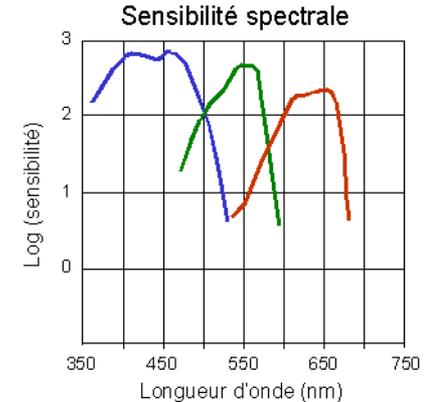
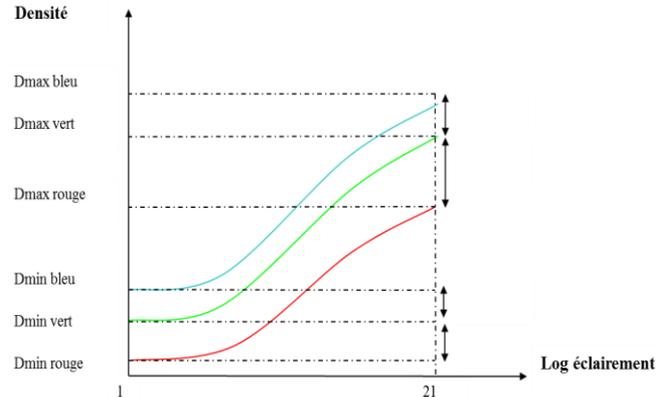
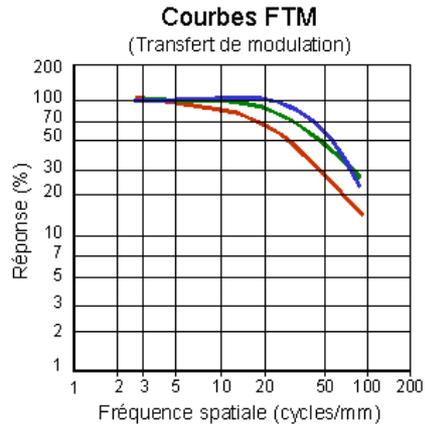
Checker-shadow illusion:
The squares marked A and B
are the same shade of gray.



Edward H. Adelson

D'où vient le traitement de la couleur ?

- En photochimie le traitement scientifique de la couleur a été le sujet quasi monopolistique d'une société
 - Cela ne veut pas dire que les techniciens n'aient pas de connaissances scientifiques (ingénieurs chimistes, étalonneurs films)
 - Le coin sensitométrique est le principal outil pour contrôler le processus photochimique



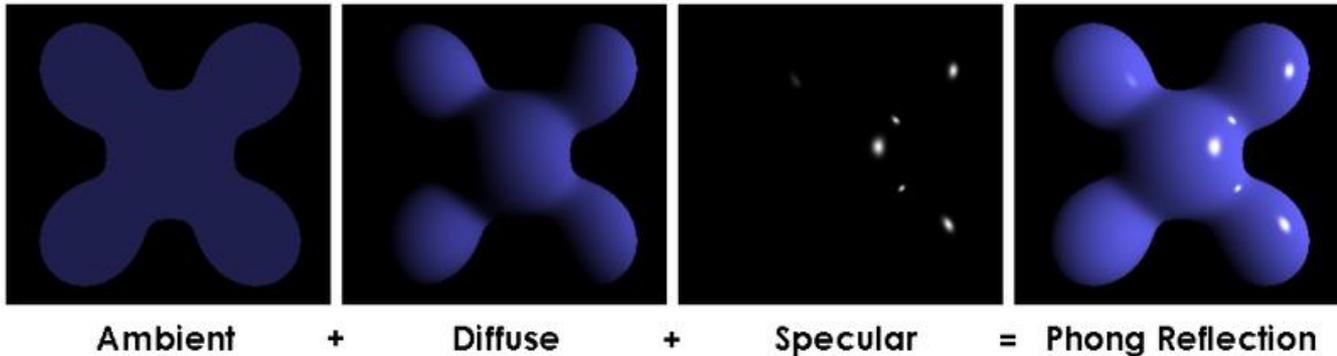
D'où vient le traitement de la couleur ?



- En télévision certaines règles ont été fixées très tôt:
 - Les contraintes sont le rendu du tube cathodique (CRT) et l'absence d'électronique coûteuse dans les postes de télévision
 - La réponse est la pré-compensation du signal dans les systèmes en amont (caméras, synthétiseurs)
 - Pour la couleur le National Television System Committee fixe certains aspects en fonction des luminophores disponibles
 - Pour des raisons de compatibilité on redistribue les trois primaires en **luminance** et **chrominance**
- $$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} +0,299 & +0,587 & +0,114 \\ +0,596 & -0,274 & -0,322 \\ +0,212 & -0,523 & +0,311 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad \begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,14713 & -0,28886 & 0,436 \\ 0,615 & -0,51498 & -0,10001 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$
- Malgré le développement des télécinémas il n'y a pas eu de connexions entre les deux systèmes de traitement. On se débrouille pour passer de l'espace couleur photochimique à l'espace couleur télévision

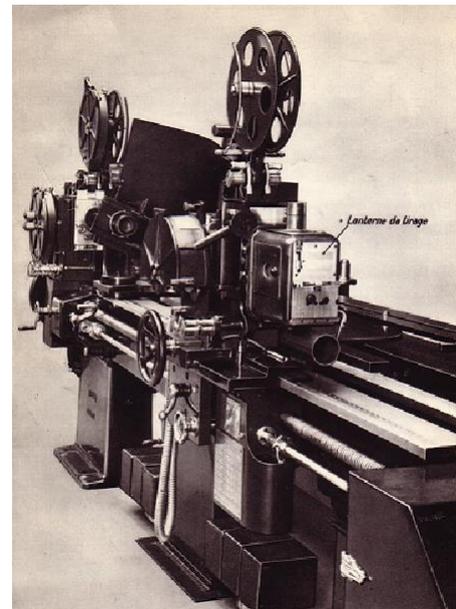
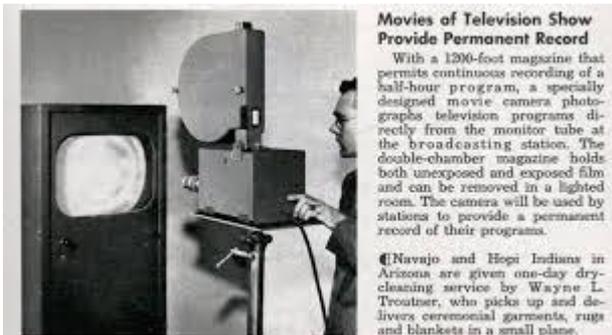
L'image de synthèse

- La synthèse numérique d'images devient une source importante pour les programmes dès le début des années 80
 - Progressivement les développements autour du rendu d'images ont fait appel à des modèles de plus en plus scientifiques de la couleur
 - Mais le traitement de la couleur est conçu comme un aspect artistique du travail
 - Des systèmes de contrôle des postes de travail et du rendu final sont inventés



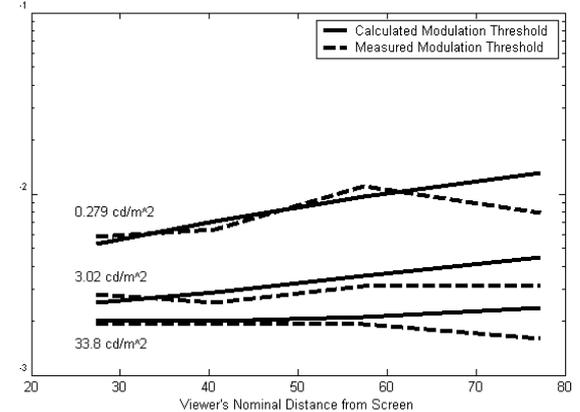
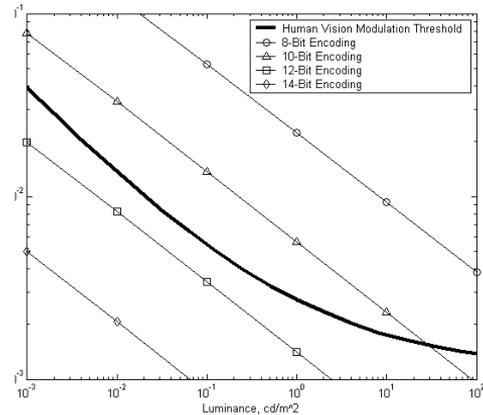
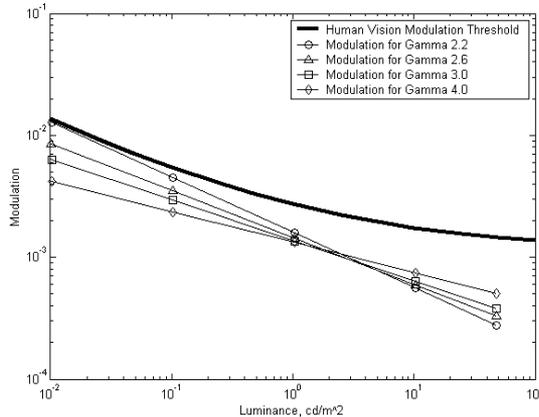
Puis les effets spéciaux

- Au début des années 90 effets spéciaux numériques
 - Développement de l'imageur et du scanner
 - Apparition du codage Cinéon (repris en DPX 10 bits log) conçu pour imiter l'étalonnage film
 - Développement de la restauration de film en numérique
 - Cela n'a pas provoqué de remise en cause de la séparation des traitements colorimétriques



Digital Cinema Initiative

- DCI: 50 ingénieurs et scientifiques pendant 5 ans.
- L'étude du codage de la couleur en cinéma numérique est basée sur plusieurs nécessités
 - Étendre les possibilités du numérique pour tendre vers le film
 - Ne pas figer la restitution sur les capacités technologiques du moment (évolution des projecteurs)
 - Etudes basées sur un modèle scientifique et sur des tests subjectifs
 - Réponse: codage XYZ en 12 bits avec gamma

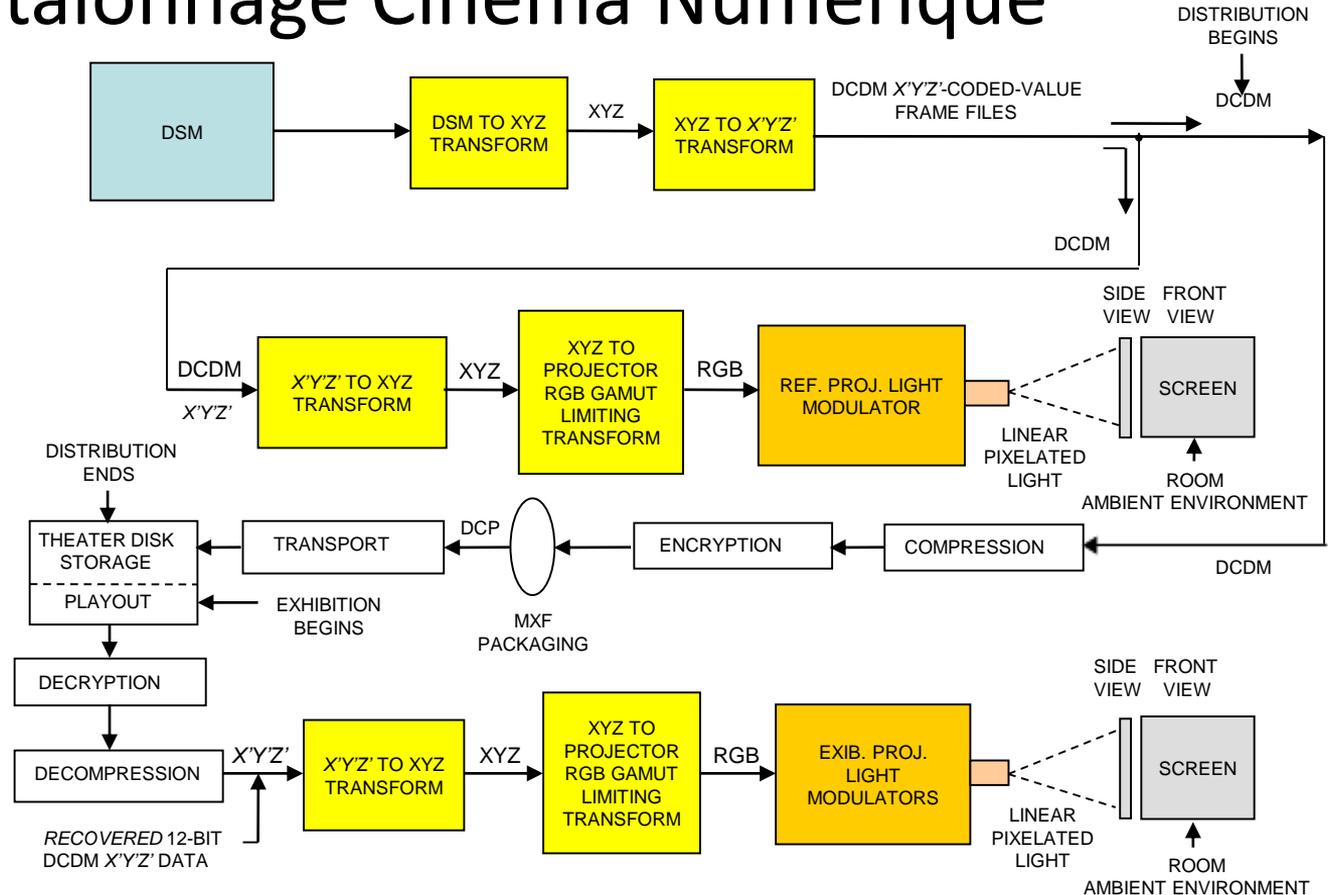


- L'étalonnage est conçu en circuit fermé

Etalonnage Cinéma Numérique

SMPTE

EG432 – 1 -2007

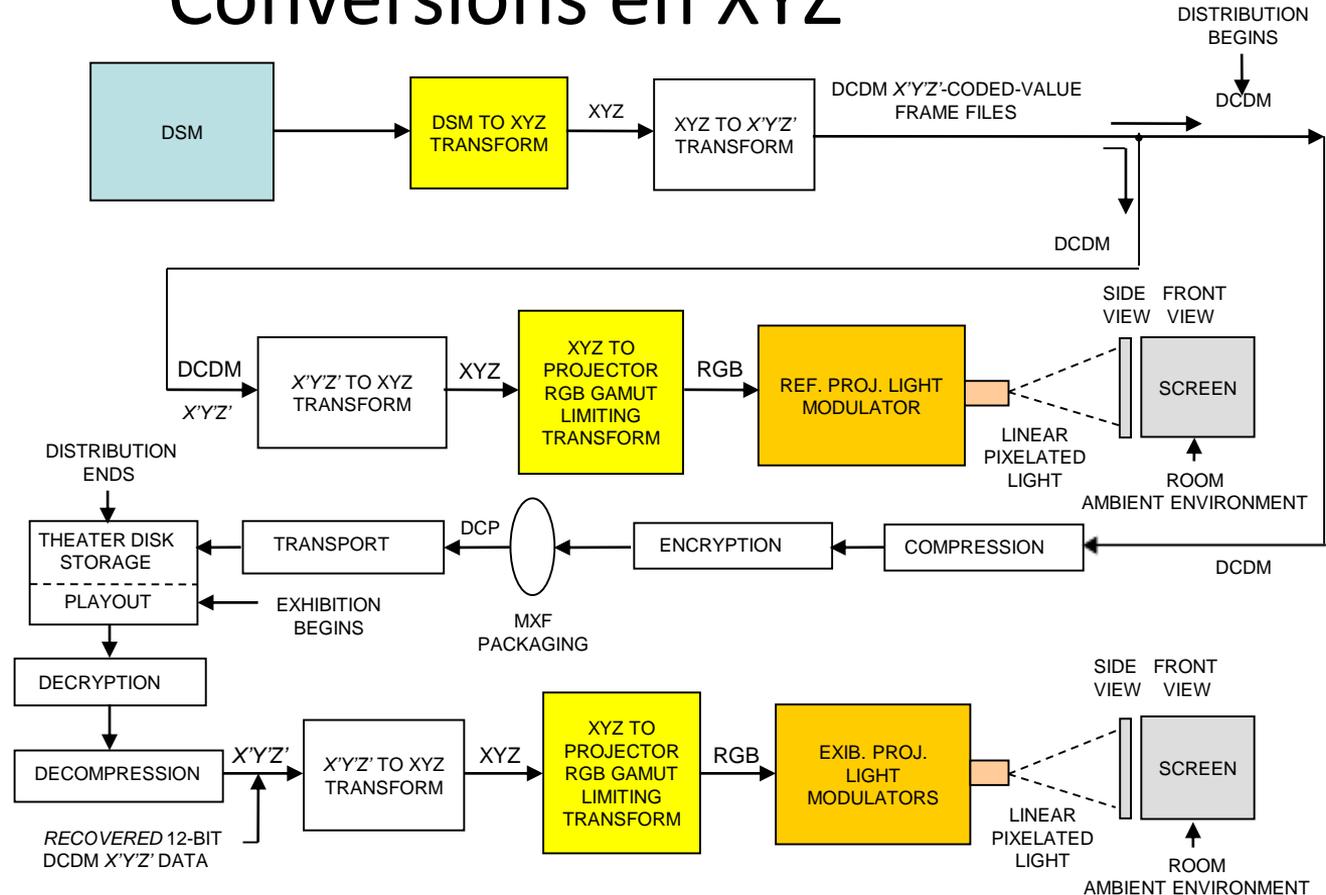


Conversions en XYZ

SMPTE

EG432 – 1 -2007

- ❖ Espace XYZ
- ❖ Projecteur de référence

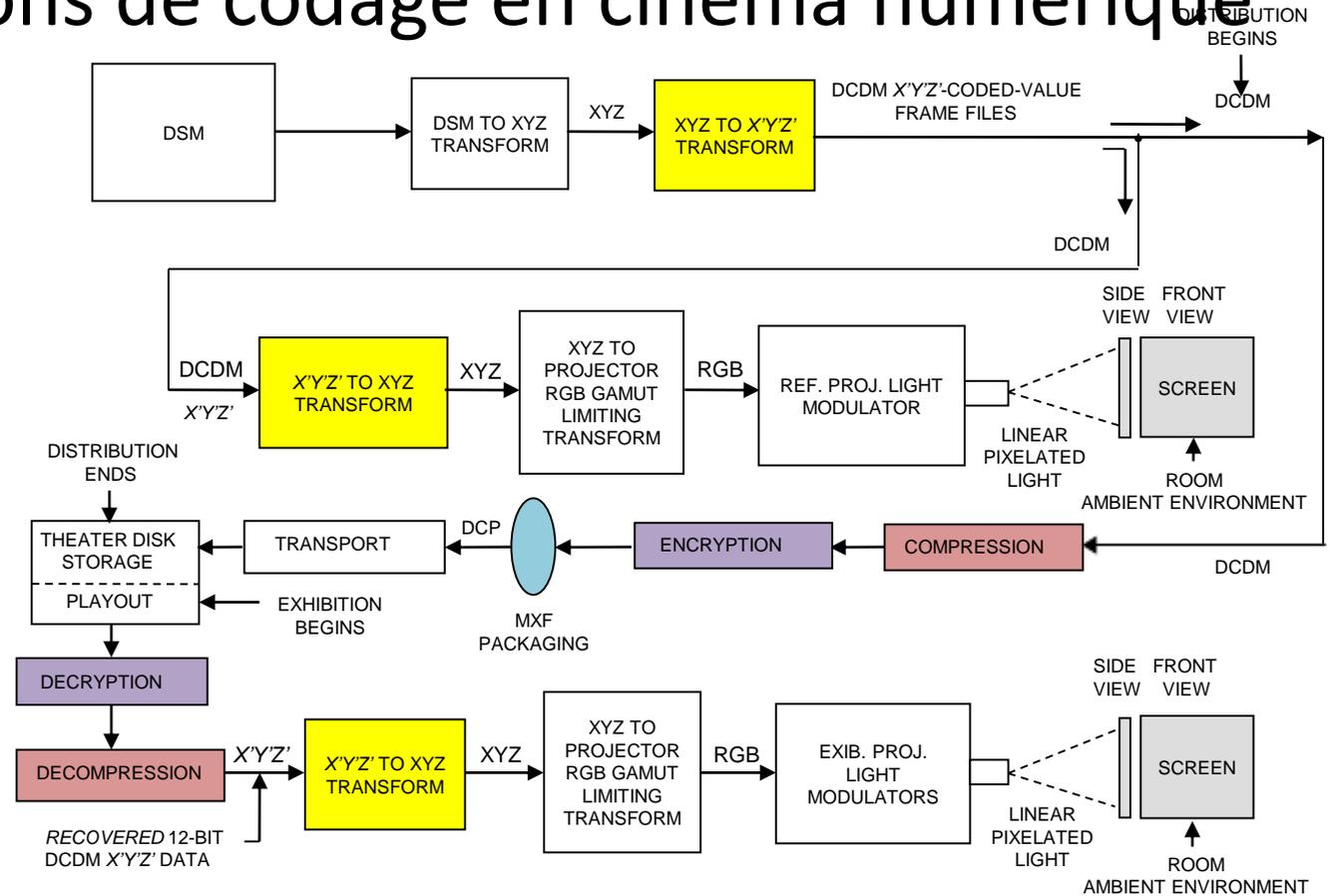


Fonctions de codage en cinéma numérique

SMPTE

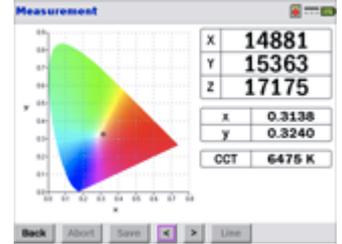
EG432 – 1 -2007

- ❖ Gamma de codage (1/2.62.6)
- ❖ Compression
- ❖ Chiffrage
- ❖ Packaging



La distribution en numérique change la donne

- Le contrôle des projecteurs et de l'étalonnage
 - Se réfère à des mires dont les valeurs sont exprimées en XYZ (ou X'Y'Z')
 - Est fait par Luminance-mètre ou Spectro-colorimètre qui donnent des valeurs XYZ (ou Yxy)
- L'échange constant entre photochimique et numérique est d'abord traité sous l'angle artistique, mais de plus en plus il requiert de refonder plus sérieusement le traitement colorimétrique
- L'avènement de caméras numériques avec des versions cinéma et télévision provoque également l'effet de passerelle entre les médias
- Des groupes de travail (SMPTE, AFNOR) explorent plus à fond les spécifications et la mesure
- ACES est une tentative de définir un workflow standard



De la Commission Internationale de Photométrie en 1900 à la Commission Internationale de l'Éclairage en 1913

- Au congrès international du gaz, durant l'exposition universelle de Paris le 3 septembre 1900, le Prof. Th. Vautier, présente une communication intitulée « La photométrie des manchons à gaz incandescent », et propose la résolution suivante :

« Le congrès international de l'industrie du gaz, considérant qu'il est de l'intérêt général et commun des producteurs aussi bien que des consommateurs de gaz d'être exactement renseignés sur le pouvoir éclairant des becs employés pour l'éclairage à incandescence, décide :

Une commission internationale sera nommée à l'effet de fixer les règles à suivre dans les observations photométriques des becs à incandescence par les gaz.

Le bureau du congrès est chargé de procéder à l'organisation de cette commission internationale ».

- En 1913 à Berlin la CIP vote la création de la Commission Internationale de l'Éclairage
« La commission a pour objet d'étudier toutes les questions ayant trait à l'industrie de l'éclairage et aux sciences qui s'y rapportent, et d'établir, par tous les moyens appropriés, des ententes internationales sur les questions d'éclairage. »

- En 1921 à Paris 4 comités d'étude
 - a) Photométrie hétérochrome ;
 - b) Définitions et symboles ;
 - c) Éclairage dans les usines et écoles ;
 - d) Projecteurs d'automobiles.
- En 1924 à Genève Accord sur l'observateur de référence
- En 1931 à Cambridge les bases actuelles de la colorimétrie sont votées



Cambridge 1931. Leaders of the Delegations.

Commission Internationale de l'Éclairage

- La commission internationale de l'éclairage rassemble les efforts des scientifiques pour définir et paramétrer la couleur



COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

www.cie.co.at/cie/

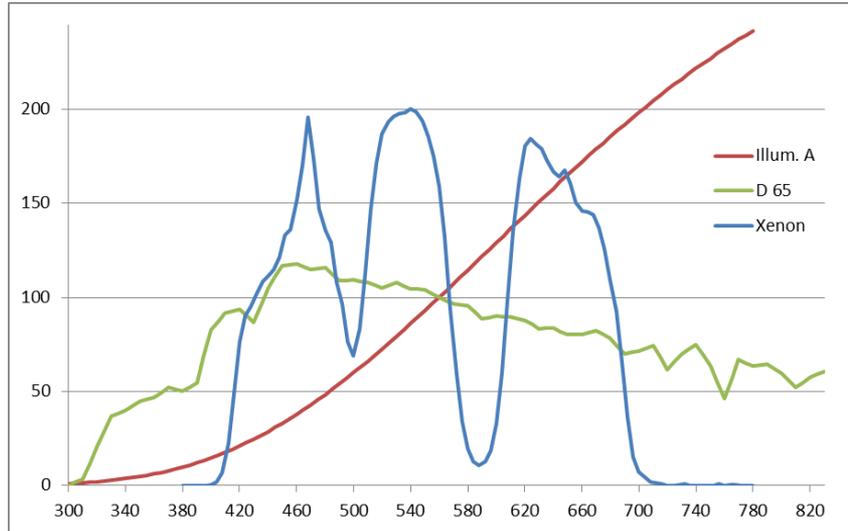
www.rit.edu/cos/colorscience/rc_useful_data.php

- On connaît la décomposition spectrale de la couleur mais cela ne définit pas ce qu'est la couleur perçue (opposition Newton Goethe)
- *"Since the measuring device has been constructed by the observer... we have to remember that what we observe is not nature in itself but nature exposed to our method of questioning."*

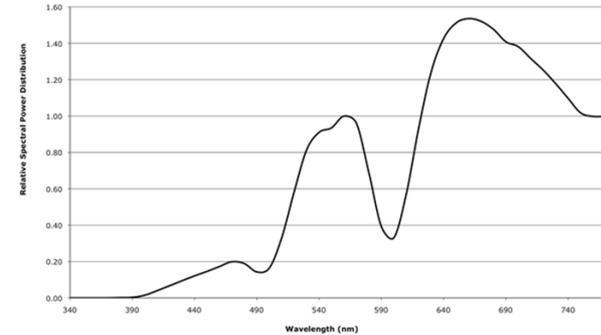
Physics and Philosophy [1958], Werner Karl Heisenberg, 1901-1976.

- La couleur est une donnée psychophysique : une quantification d'une perception

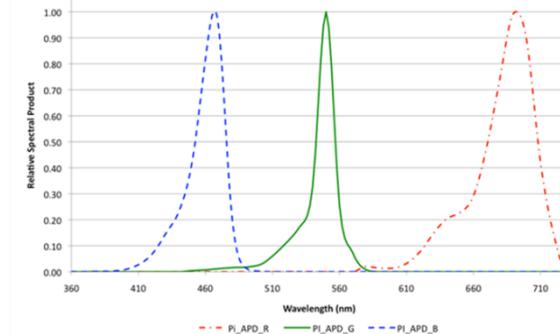
Décomposition spectrale de la couleur



- Spectres de blancs
 - Illuminant A = lampe à incandescence (2856°K)
 - D 65 lumière du jour (6500° K)
 - Blanc lampe Xénon filtrée pour le cinéma (6300°K)
- Plusieurs spectres pour une même perception (métamères)



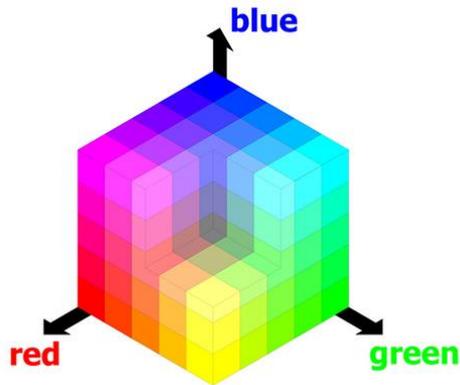
Blanc machine de tirage Bell Howell C



Spectres des filtres d'analyse (reco ACES)

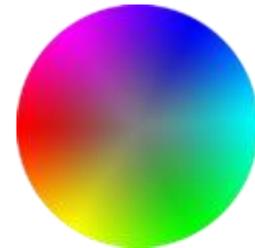
Photométrie / Colorimétrie

- La photométrie est la discipline qui s'adresse aux phénomènes physiques, l'énergie répartie dans un spectre,
- La colorimétrie s'adresse au phénomène psychophysique de perception de la lumière en général.
- La perception des couleurs par le Système Visuel Humain repose sur une analyse trichrome ; on peut soit définir la couleur comme un mélange de primaires, le plus souvent rouge vert bleu, ou comme la combinaison de deux grandeurs, la luminance et la chromaticité.



La luminance est
monodimensionnelle

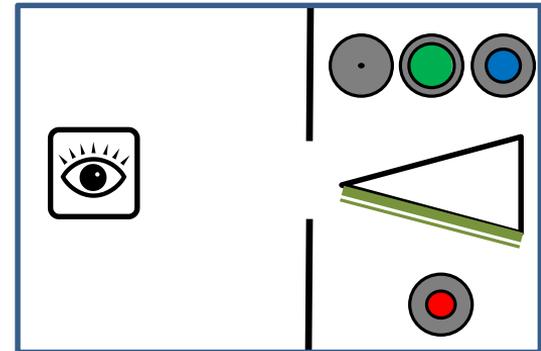
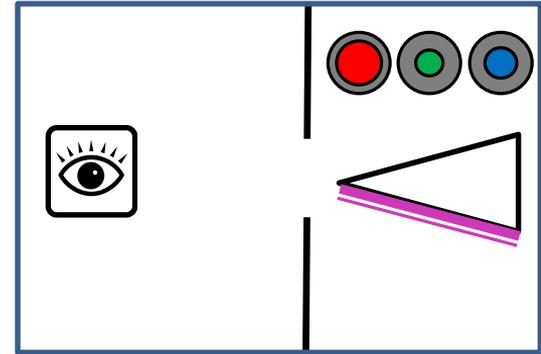
La chrominance est
bidimensionnelle



CIE 1931 le codage de la couleur

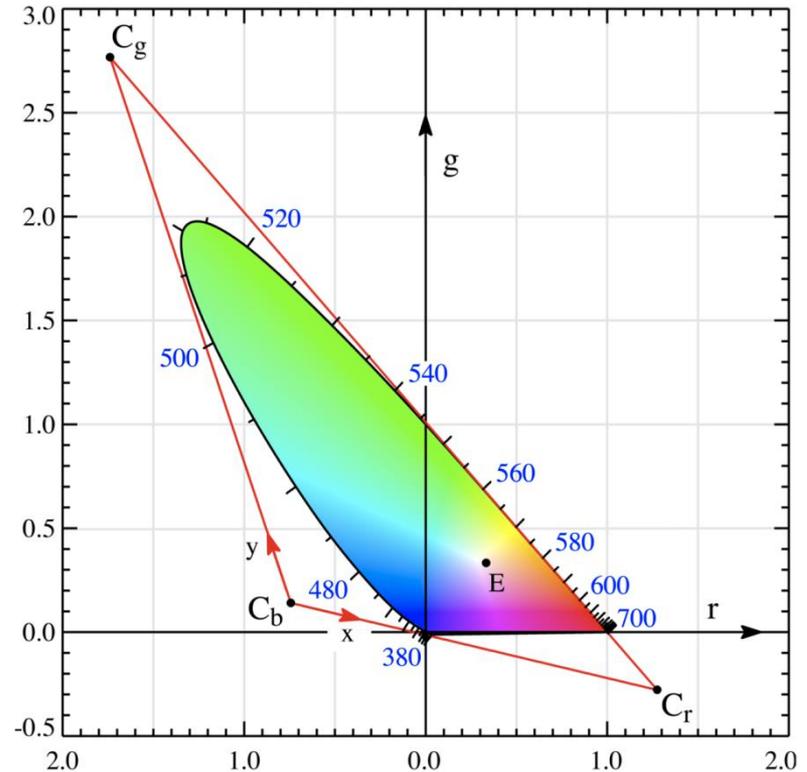
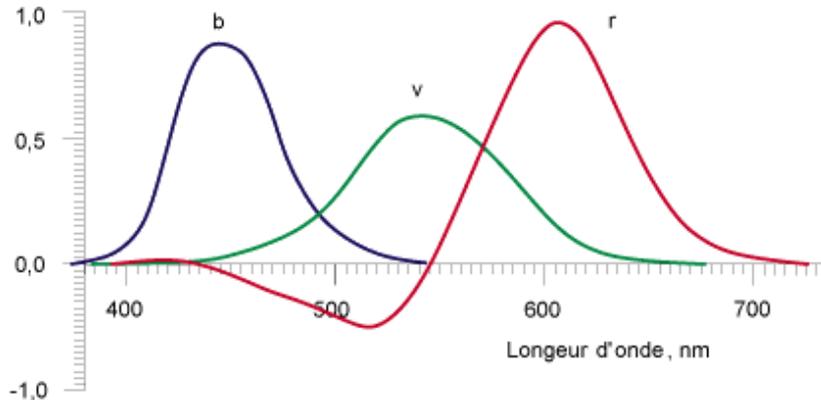
- Expériences d'égalisation

- Des mesures sont faites à partir de mélanges de primaires rouge vert bleu en cherchant à obtenir l'égalisation avec de nombreux échantillons
- Quelles que soient les couleurs primaires on ne peut obtenir toutes les couleurs par leur mélange – il faut des valeurs négatives dans le rouge



RVB CIE 1931 => XYZ CIE 1931

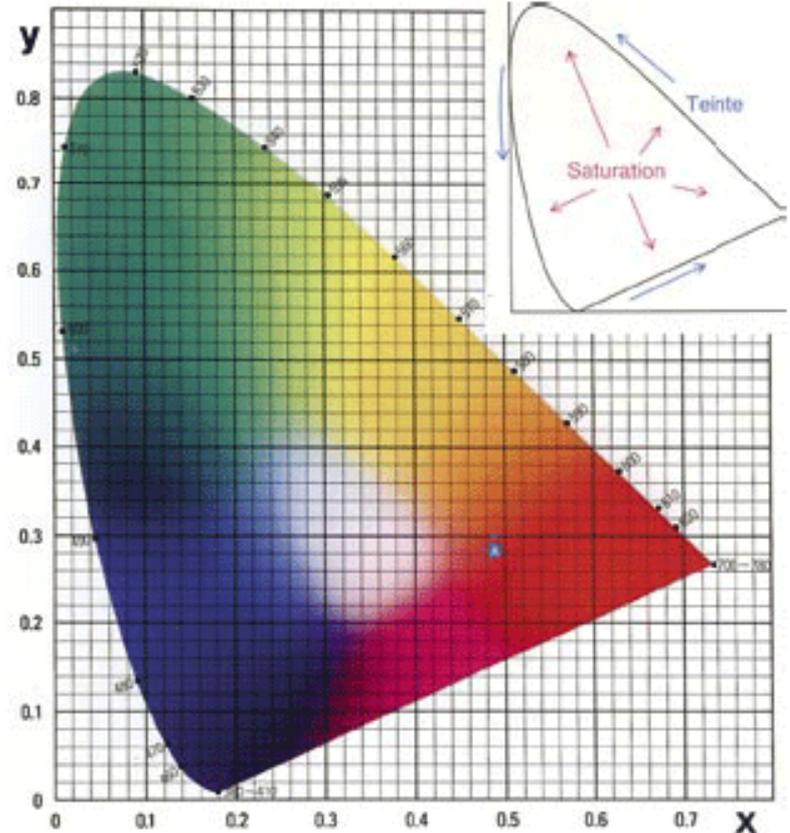
- Un choix de primaires CIE RVB 1931
 - 700,0 nm pour le rouge, 546,1 nm pour le vert et 435,8 nm pour le bleu
- Une transformation géométrique pour éliminer toute valeur négative
- La luminance est une des composantes
- CIE XYZ 1931



Espace projectif CIE Yxy 1931

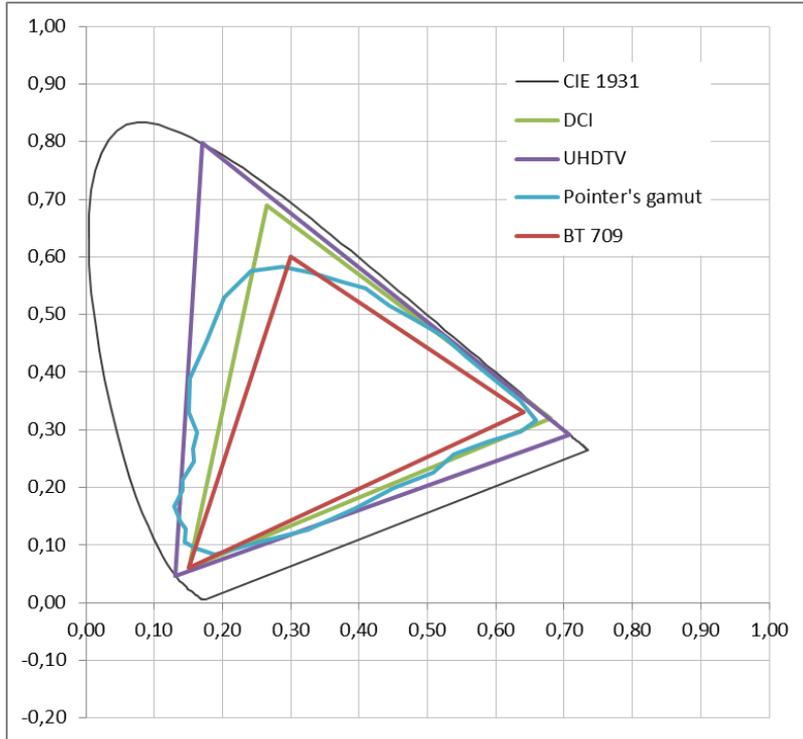
- Le diagramme de chromaticité Yxy permet de représenter la couleur indépendamment de la luminance Y
- Les coordonnées chromatiques sont x, y

$$\begin{cases} x = \frac{X}{X + Y + Z} \\ y = \frac{Y}{X + Y + Z} \end{cases}$$

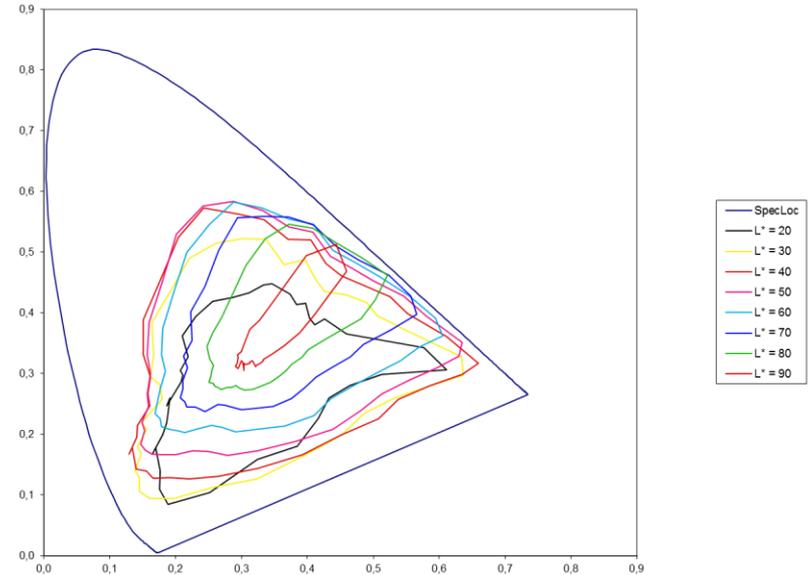


Gamuts RVB et couleurs naturelles

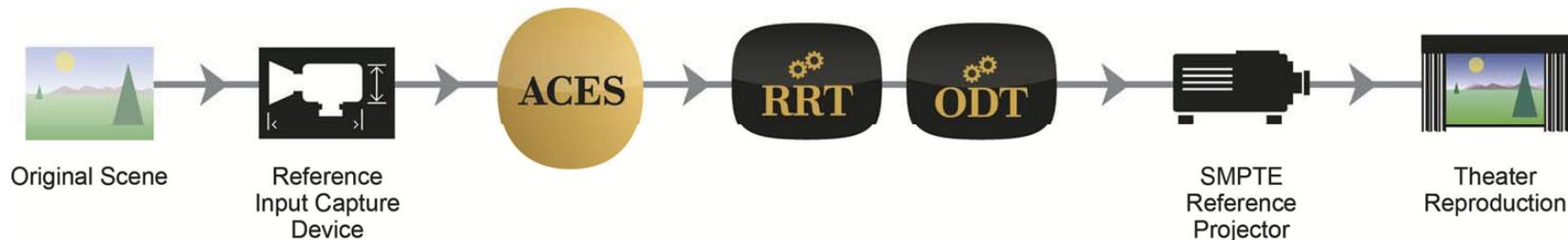
Un gamut est un ensemble des couleurs possibles correspondant à un choix de primaires RVB



Par extension on parle du gamut de Pointer qui délimite l'ensemble des couleurs présentes dans la nature



Workflow ACES - Questions principales



- Un workflow pour le travail de la couleur en post-production
- Un certain nombre de paramètres sont donnés mais jamais expliqués
- IDT (Input Device Transform) pour les caméras
 - Les gamuts des caméras sont-ils sincères ?
- Les choix pour la numérisation des négatifs (APD/ADX) pose aussi problème
 - Processus uniquement adapté aux pellicules négatives modernes
 - Reprend le vieux concept de codage log (il y a mieux)
- ODT (Output Device Transform) pour les displays
- RRT (Reference Render Transform) pour l'étalonnage
 - Le rendu de référence est le rendu cinématographique pellicule (RRT = ODT particulier)

Les primaires ACES

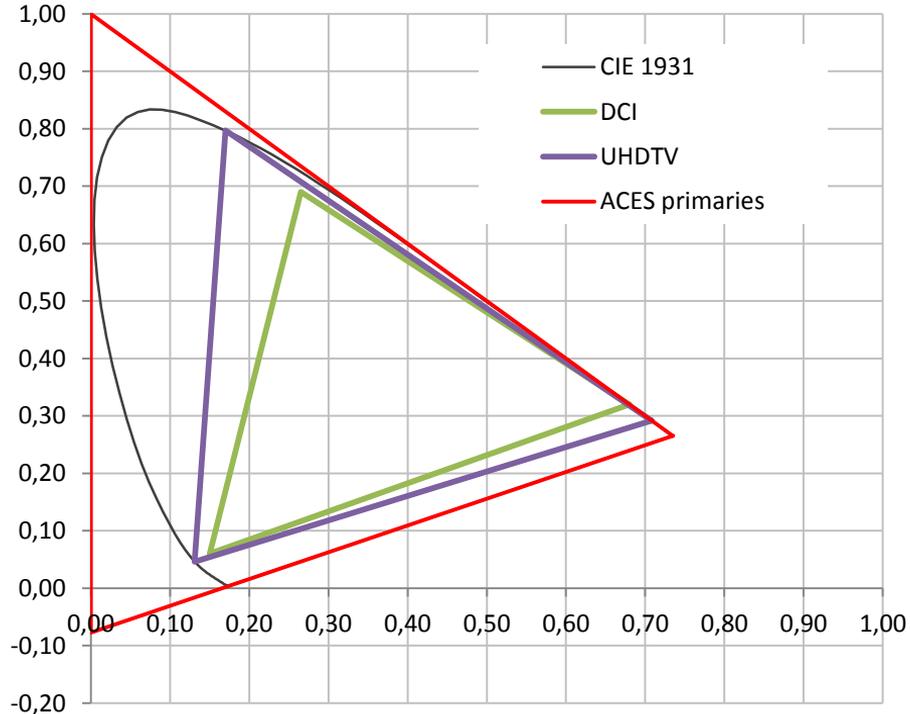
- Primaires choisies pour capturer toutes les couleurs possibles

R: $x = 0.73470$, $y = 0.26530$

G: $x = 0.00000$, $y = 1.00000$

B: $x = 0.00010$, $y = -0.07700$

- Un peu de nombres négatifs oblige à utiliser un codage avec signe ce qui divise par 2 les codes utiles
- D'où OpenEXR 16 bits flottant signés
- Valeurs -65000 à +65000 ???



Préservation



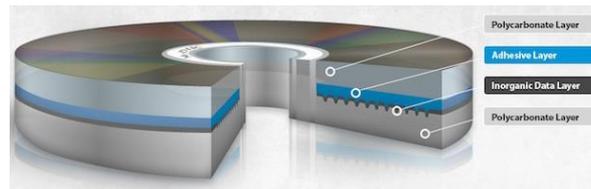
Préservation numérique des masters de distribution

- Court terme : 5 ans pour les besoins de la distribution
- Standard: Digital Cinema Packages
- Qualité de compression avec perte (“visuellement sans pertes”)
- Dépend de la technologie
 - 250 Mbits aujourd’hui
 - 500 Mbits en cours d’adoption
- Attention aux DCP distribués avec taux de compression plus élevé

Préservation numérique à long-terme

- Asymétrie fondamentale :
 - Encodage maintenant, décodage plus tard
 - Décodeurs utiliseront des méthodes et algorithmes améliorés (+ rapide),
 - De nouveaux displays peuvent apparaître avec des paramètres différents
- Règle de base :
 - Ne pas engager des prétraitements qui ne pourraient être réversibles et qui pourront être effectués plus tard avec des traitements plus sophistiqués et plus rapides
 - Restauration, Etalonnage,...
- Implications :
 - Ne pas faire de suppositions sur la qualité de compression acceptable
 - Comme les futurs displays ne sont pas connus, ne pas faire de suppositions sur les caractéristiques futures, (garder couleur, aspect ratio, etc...)

Supports optiques



- Disques optiques
 - DVD ≈5 ans et capacité limitée 888 disques par film en 2K
 - Sony long terme (50 ans) ODS-D55U Optical Disc Archive (500 Gb – 1 Tb) 4 cartouches par film en 2K
 - Substrat polycarbonate avec couches d'enregistrement inorganiques 100 ans capacité limitée (Milleniata annonce 1000 ans)
 - Disques en verre plus de 300 ans (plus long que la vie humaine) capacité limitée

Supports magnétiques

- Cartes SD San Disk annonce 100 ans (capacité limitée)
- Bandes LTO (Linear Tape Open), 15 ans, problème d'interopérabilité entre les différentes versions
- Disques magnétiques : le coût décroît, la capacité augmente mais durée de vie courte
 - MAID (Massive Array of Idle Disks) est une possibilité mais la durée de vie n'est pas connue (coût opérationnels inférieurs)



Comparaison avec le photochimique

- 35mm: N&B 120+ ans, Couleur 30 ans
- Le “meilleur” système : 3 séparations N&B
 - “Store and Forget”
- De 15 à 18 boîtes 35mm (bobines de 300 mètres)
- Problèmes de récupération : superposition des séparations
- Longévité des fabricants de Film printer
- Longévité des fabricants de Film scanner
- Longévité des fabricants de pellicules Couleur
- Accessibilité pour rediffusions



Migrations numériques

- 3 types de migration :
 - Migration de support : changement du hardware qui se dégrade (question : comment anticiper les problèmes?)
 - Migration de Système d'exploitation : copie des contenus de système de fichier obsolètes vers de nouveaux formats
 - Migration d'encodage : transcodage des contenus
- Intervalles de migration :
 - Limite inférieure acceptable? Limite supérieure raisonnable?
 - Disques 3 ans, cycle industriel 10 ans, vie humaine 100 ans
- Durée de migration :
 - Les progrès de la vitesse de recopie ne compensent pas l'augmentation de la quantité des contenus

Mieux gérer les migrations

- Les migrations de support et de SE sont inévitables
 - Limiter leur occurrences par le choix du hardware
 - Limiter leur complexité par le choix du standard
 - Limiter les coûts opérationnels
 - Consommation électrique, Sécurité, Remplacement de hardware
- Eviter les migrations d'encodage
 - Multivalence: maintenir l'encodage original, préserver (et migrer) le logiciel de décodage
- Faciliter les migrations de systèmes d'exploitation
 - Tar, LTFS, prochainement AXF ? (Archive eXchange Format)

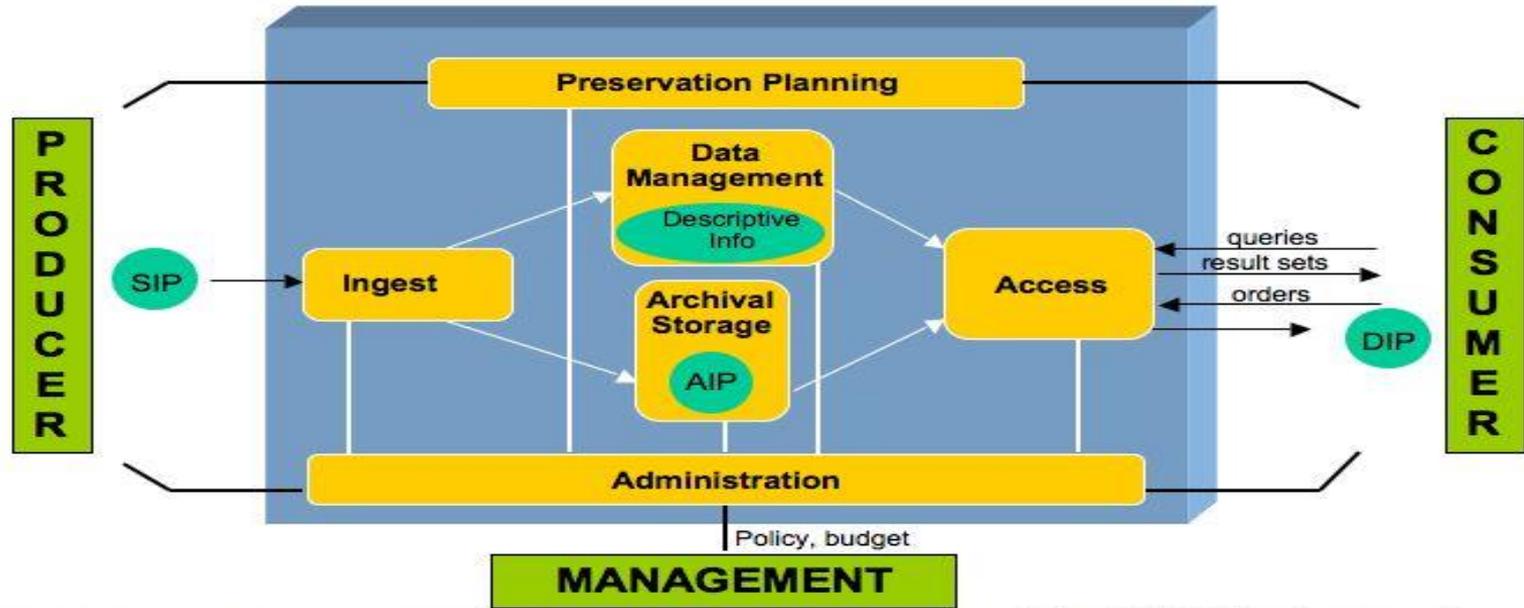
Standard ouvert fonctionnel de préservation

- L'OAIS (Open Archival Information System) défini par le CCSDS est une description fonctionnelle d'un système de préservation
 - La première version CCSDS OAIS publiée en Janvier 2002
 - Dernière révision Magenta book June 2012
 - <http://public.ccsds.org/publications/archive/650x0m2.pdf>
- Tous les projets de préservation adoptent cette structure
- C'est une norme ISO 14721:2003

(CCSDS: Consultative Committee for Space Data Systems ou Comité Consultatif sur les Systèmes de Données Spatiales)



OAIS Functional Entities



- SIP = Submission Information Package
- AIP = Archival Information Package
- DIP = Dissemination Information Package

The OAIS Environment
from 10,000 ft

Que faut-il préserver ?

- DCDM ou DSM ?
 - DCDM implique un choix limité de tailles 1,85 ou cinémascope (1998x1080 or 2048x858)
- Problème des films de catalogues
 - 1,33, 1,37, 1,65 & taille variées de numérisation
 - La meilleure préservation implique de ne pas ré-échantillonner
- Systèmes de couleur
 - Gamut HD < gamut D-Cinema < gamut UHDTV
 - Il faut garder toutes les informations essentielles

Formats de fichiers long terme

- Le standard CST-RT021-MFFS est conçu pour l'échange et la conservation de travaux cinématographiques numérisés
 - Conçu comme une application de l'IMF
 - Une version structurée
- Le format de codage ACES prétend être adapté pour l'archivage

Questions légales

- Sécurité
 - Piratage
 - Manipulation par les sociétés de prestation en préservation (migrations)
- La garantie de préservation à long terme est annulée si la société de prestation ferme
 - Contrats incluant la “re-matérialisation” des contenus en cas de danger (?)
 - Possibilité de protéger par chiffrement La clé détenue par le déposant indique les éléments appartenant au déposant
- Réversibilité

Agenda politique

- Digital Agenda for European Film Heritage
 - DAEFH publié en décembre 2011 est venu compléter le “Digital Agenda for Europe”
 - “Long-Term Digital Preservation (LTDP) is a process, a system, not a storage medium.”
- Numérisation pour l'accès à la culture européenne
 - Le portail Europeana a pour but de fédérer les portails Européens à contenu culturel
 - Le portail associé European Film Gateway réunit 28 archives
- Directive sur les “Travaux orphelins”
 - Organise la possibilité légale pour les collections d'utiliser sous conditions les travaux orphelins
- Initiative de l'UNESCO sur la préservation en numérique de l'héritage culturel
 - Roadmap for Long-term Access to Digital Heritage

Chiffres DAEFH pour l'héritage cinématographique

- Numérisation : Besoins de numérisation de film en Europe:
 - 1 Million heures
- Echelle de coût estimée pour la numérisation :
 - Entre € 500 Million et 2 Milliard
 - 1 Milliard € = 38% of de l'aide Européene à l'industrie du cinéma en 1 an
- “Le coût de dépôt d'un master numérique dans une institution “Film Heritage” est virtuellement nul.”
- Préservation : Si tout l'héritage cinématographique européen est préservé :
 - Taille des données 1050 Petaoctets
 - Coûts entre €147 Millions and €263 Millions
 - Ceci s'AJOUTE aux budgets actuels de préservation

Chiffres DAEFH sur les film frais

- Basé sur une projection de 1100 long-métrages et 1400 court-métrages chaque année :
 - Taille de donnée entre 5,8 and 30 Pétaoctets par an en fonction du modèle de numérisation
- Basé sur le modèle de coût de préservation retenu dans l'étude
 - La préservation de la production neuve de film pourrait coûter environ € 1,5 Million/an dans une archive de 20 Pétaoctets
 - Avec un facteur de 4 fois cela ne fait toujours que 0,2% de ce que les états membres investissent pour aider l'industrie de cinéma

Exemples actuels

Les archives cinéma de Finlande ont obtenues de l'argent public pour numériser et stocker les films (le stockage est réalisé par CSC une agence gouvernementale qui s'occupe d'IT, de supercalculateurs et autres calculs pour les universités et le gouvernement). Ils numérisent 30 films par an

Les archives suédoises ont un gros budget pour numériser les films et organisent le stockage. Ils projettent un rythme de 100 films par an.

Ils expliquent tous

- Plus de projection 35mm (en Europe du Nord en tout cas)
- Les laboratoires ont fermé ou sont sur le point de fermer
- Plus de fabrication de stock par Fuji et Kodak est mal en point
- Plus de fabrication de pièces pour les projecteurs 35mm
- Tendence forte pour les fabricants de scanner de cesser leurs activités.



Les conséquences sont l'obligation de numériser les films et vite :

- Les suédois citent le DAEFH qui donnait une période de 7 à 10 ans (en 2011) pour avoir le temps de numériser avant que les conditions deviennent dramatiques
- Au rythme de 30 ou 100 films par an il y en a pour un siècle au moins !

Liens

DAEFH

Digital Agenda for European Film Heritage

www.dae-filmheritage.eu/



PRESTO
CENTRE

www.prestocentre.org

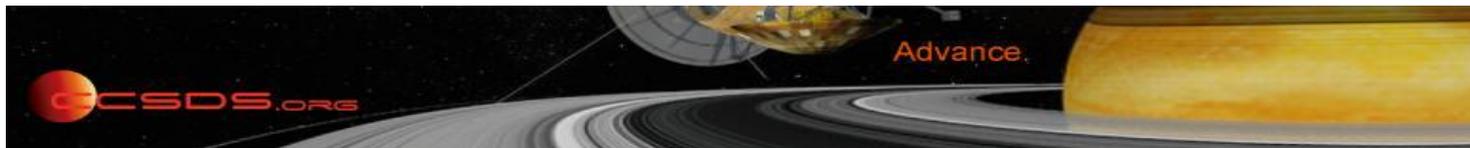
Preservation competence centre



www.europeana.eu/portal/

EFG *beta*
european film gateway

www.europeanfilmgateway.eu



Dernière publication de l'OAIS (Magenta book Juin 2012)
<http://public.ccsds.org/publications/archive/650x0m2.pdf>

Initiative Unesco Persist

- UNESCO Digital Roadmap kicks off under the name PERSIST
- In December of 2013 an international meeting took place in The Hague in which the ICT industry, governments and heritage institutions discussed collaboration in the field of digital preservation. The meeting was convened by UNESCO.
- Heritage institutions often have the feeling that their concerns for long-term preservation are not sufficiently taken into account by the industry, and they are looking for ways to influence the decisions of the industry at the earliest phase, when new products are developed. However, in practice they typically work at the very end of the life-cycle of digital documents, where they have to tend to vast collections of disparate materials for which industry support can no longer be guaranteed. The industry representatives in the panel (Microsoft, International Chamber of Commerce) explained the way businesses work, and discussed in an open and realistic manner how the heritage community could find ways to make its concerns shared by the industry.
- See more at:
- <http://www.unesco.nl/artikel/unesco-digital-roadmap-kicks-under-name-persist#sthash.KOoaFTph.59aAWWvB.dpuf>
- <http://www.unesco.nl/artikel/unesco-digital-roadmap-kicks-under-name-persist#>