



# **La gestion des couleurs en photographie**

*Bernard Perrot*  
OISB- 26 mai 2016

# Plan

- La lumière
- L'œil et la vision des couleurs
- Représentation informatique des couleurs
- Notion de "vraies" couleurs
- Calibration couleur, pourquoi, comment
- Notion de profil colorimétrique (profil ICC)
- Espaces de couleurs
- Attribution et conversion de profils ICC

# La lumière

- La lumière est une onde électromagnétique
- Une « couleur » précise correspond à une fréquence unique, ou bien une longueur d'onde unique
- Le « blanc » correspond à un mélange de toutes les couleurs (et de ce fait est une absence de couleur particulière)
- Le « noir » correspond à l'absence de lumière
- L'œil humain n'est pas sensible à toutes les longueurs d'ondes : on parle de « spectre » visible
  - On parle de « spectre », car la lumière blanche est décomposée en spectre par un prisme (arc en ciel)

# La lumière

- Tout le monde n'est pas sensible exactement au même spectre (comme pour le son)
- Les autres espèces vivantes ne sont pas toutes sensibles aux mêmes fréquences de lumières (aux mêmes couleurs donc)
- Les dispositifs de capture de lumière en photographie (surfaces sensibles telles que pellicules et capteurs numériques) possèdent leur propre caractéristiques de sensibilité, différentes de celles strictes de l'œil humain.



# La lumière

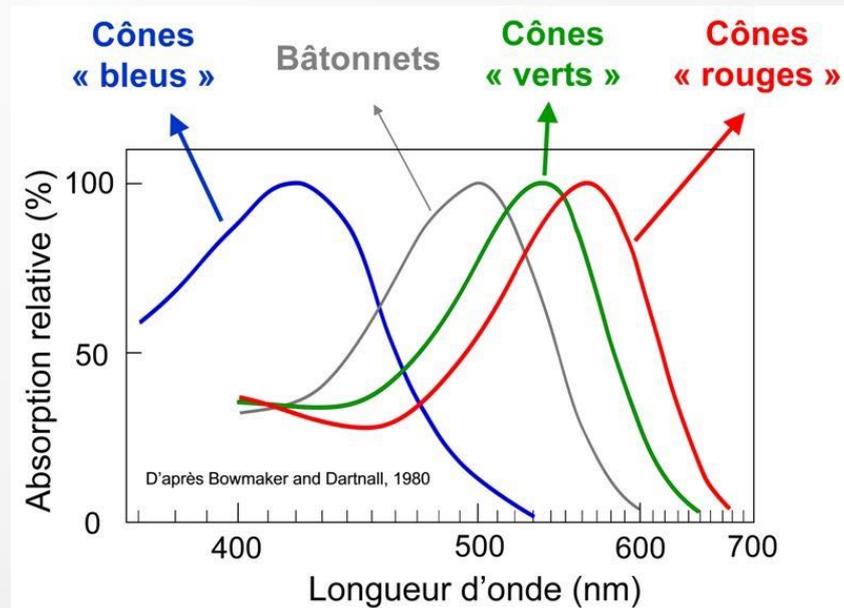
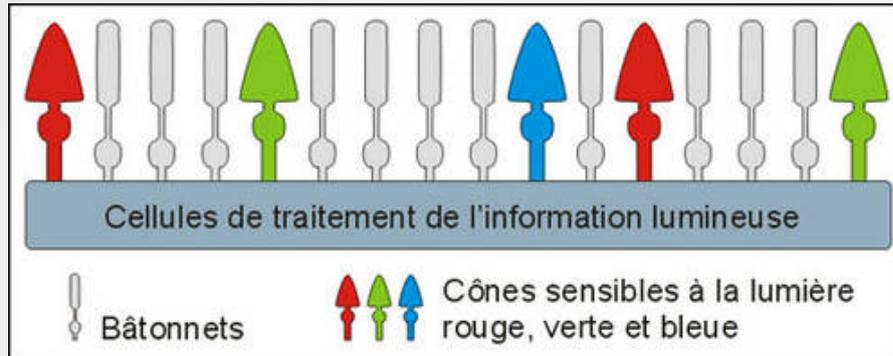
Couleurs du spectre

Longueur d'onde (nm)	Champ chromatique	Couleur	Commentaire
380 — 449	Violet	445	primaire CIE 1931 435,8
449 — 466	Violet-bleu	455	primaire sRGB : 464
466 — 478	Bleu-violet	470	<i>indigo</i> entre le bleu et le violet ( <i>Newton</i> )
478 — 483	Bleu	480	
483 — 490	Bleu-vert	485	
490 — 510	Vert-bleu	500	
510 — 541	Vert	525	
541 — 573	Vert-jaune	555	CIE 1931 : 546,1 ; primaire sRGB : 549.
573 — 575	Jaune-vert	574	
575 — 579	Jaune	577	
579 — 584	Jaune-orangé	582	
584 — 588	Orangé-jaune	586	
588 — 593	Orangé	590	
593 — 605	Orangé-rouge	600	
605 — 622	Rouge-orangé	615	primaire sRGB : 611
622 — 700	Rouge	650	primaire CIE 1931 : 700

# La vision des couleurs

- Cellules photosensibles au fond de l'oeil
- Les cônes, sensibles à l'intensité de la lumière (luminance)
- Les bâtonnets, sensibles à la couleur (chrominance)
- Trois types :
  - Bâtonnets sensibles au vert (la chlorophyle)
  - Bâtonnets sensibles au bleu (le ciel)
  - Bâtonnets sensibles au rouge (la terre)
- Les bâtonnets ont besoin de beaucoup de lumière pour distinguer les couleurs (la nuit, seuls les cônes sont efficaces, c'est pourquoi on ne distingue plus les couleurs la nuit)

# La vision des couleurs



# La vision des couleurs

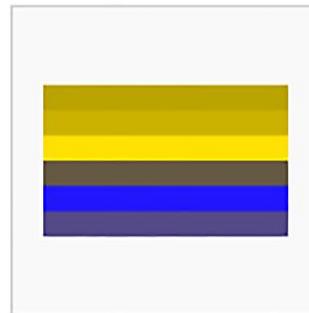
- C'est le cerveau qui « fabrique » une quantité « infinie » de couleurs à partir des signaux luminance et chrominance des cônes et bâtonnets (et donc reconstitue la vision du spectre)
- La perception des couleurs diffère d'un individu à un autre
  - En faible partie pour des tas de raisons physiologiques ou psychologiques
  - En forte partie pour les daltoniens (plusieurs formes)



Drapeau multicolore vu par une personne sans daltonisme.



Le même drapeau vu par une personne souffrant de protanopie.



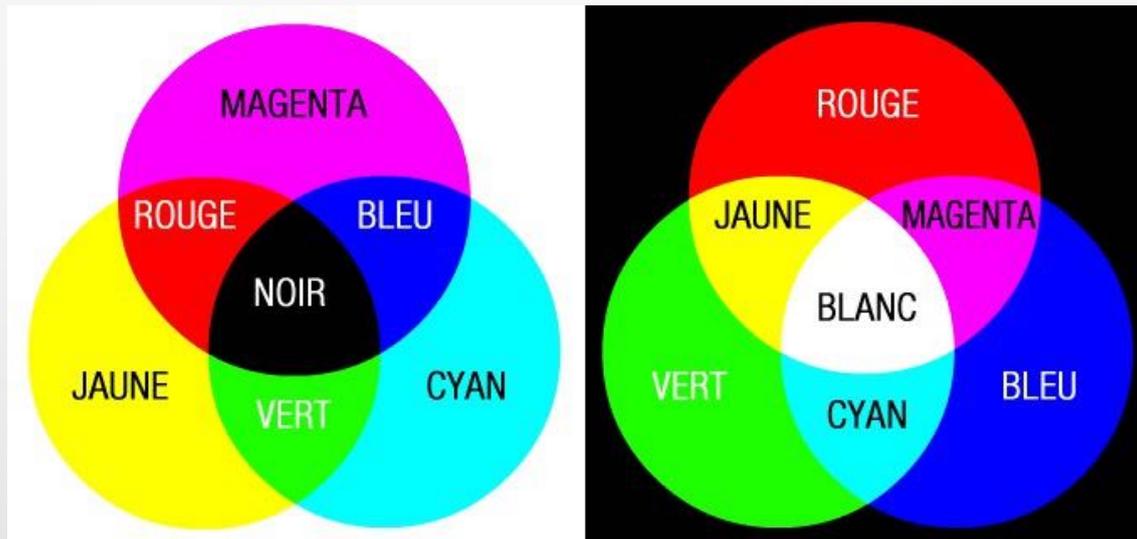
Le drapeau multicolore vu par une personne souffrant de deutéranopie.



Le drapeau multicolore vu par une personne souffrant de tritanopie.

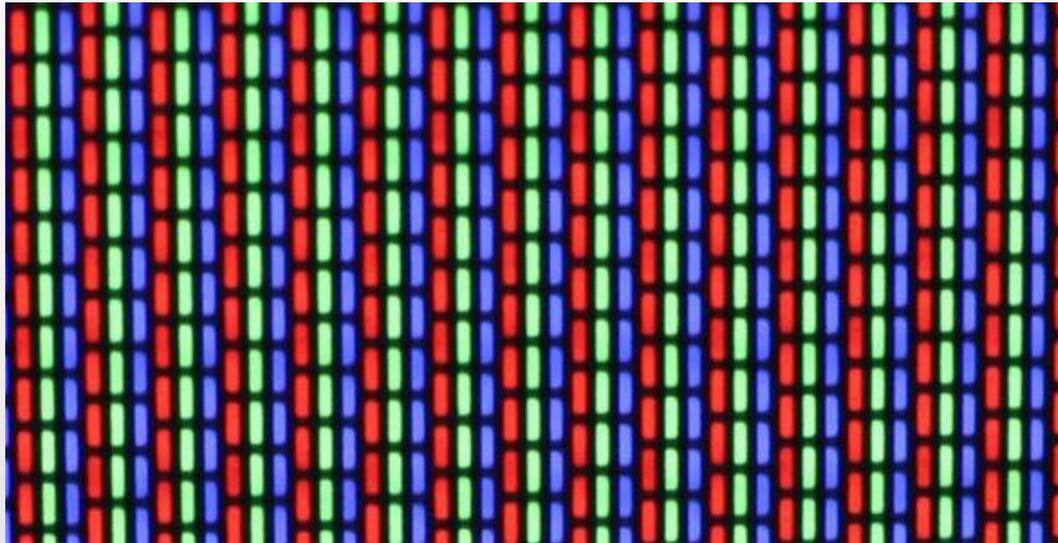
# La restitution des couleurs

- Différentes technologies qui toutes consistent à mélanger plusieurs couleurs des bases pour obtenir toutes les nuances
  - Synthèse additive (procédé émissif) ou soustractive (procédé réfléchif)



# La restitution des couleurs

- Procédé émissif (on émet de la lumière): on mélange les rouge+vert+bleu (couleurs dites primaires) en faisant varier les proportions (chrominance) et intensité (luminance)
  - Par exemple, la TV et tous les écrans
  - C'est le « RVB » (ou bien RGB en anglais)



# La restitution des couleurs

- Procédé soustractif (typiquement, la peinture, l'impression ou le tirage photo) : on mélange des encres qui chacune filtre une partie du spectre
  - En général, les encres « de base » sont le cyan, le jaune et le magenta (couleurs soustractives, qui peuvent être appelées secondaires par les ingénieurs, et primaires par les peintres...), auxquelles en pratique on ajoute le noir (car le mélange ne donne pas un noir assez profond)
  - C'est le CMJN (ou bien CMYK en anglais)

# La restitution des couleurs

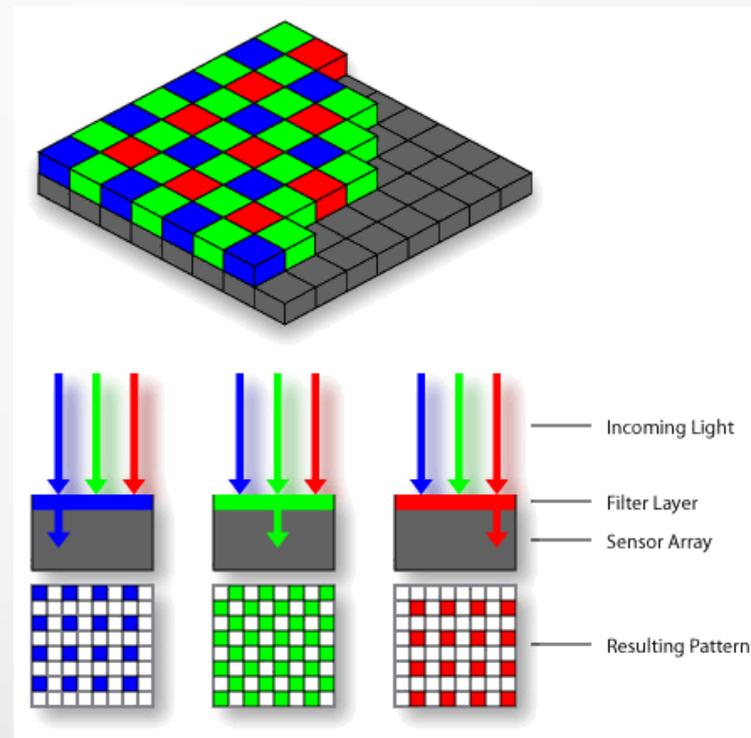
- Sauf (éventuellement) pour l'impression ou le tirage, les photographes pensent et travaillent en synthèse additive RVB
- Et même pour l'impression/tirage, seuls les professionnels travaillent en CMJN de base, les amateurs restent en RVB et laissent la technologie convertir pour eux
  - Et ce d'autant plus qu'il existe des imprimantes avec des couleurs intermédiaires pour mieux restituer les nuances : le procédé de conversion devient totalement automatisé

# Capture des couleurs en photo

- En « argentique », des pigments (sels d'argent) sont sensibles en intensité et chrominance aux couleurs primaires RVB
- En numérique désormais, on utilise des capteurs électroniques, qui sont « pixelisés », c'est à dire comporte des « photosites » sensibles aux couleurs primaires RVB, selon divers procédés et agencements :
  - Capteur à matrice dite de « Bayer » (le plus courant)
  - Capteur à matrice X-Trans (Fujifilm)
  - Capteur Foveon (Sigma)

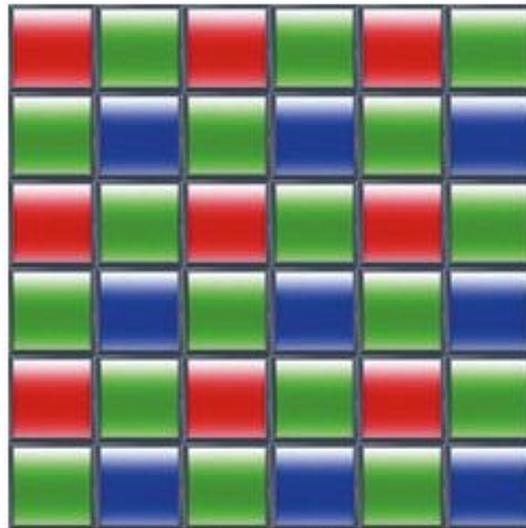
# Capteur « Bayer »

- Matrice de 2x2 pixels
  - Cela fait 4 pixels pour trois couleurs
  - On double le vert (plutôt qu'une autre couleur, car nous sommes plus sensible au vert en terme de « résolution »)

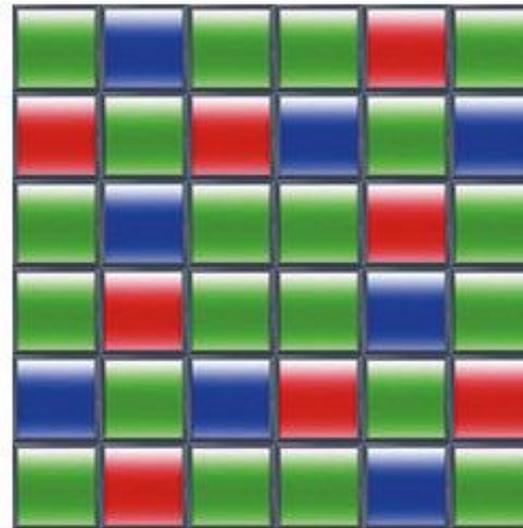


# Capteur X-Trans

- Matrice de 6x6 pixels
  - Particularité (brevet) Fujifilm
  - Meilleure piqué à « résolution » identique



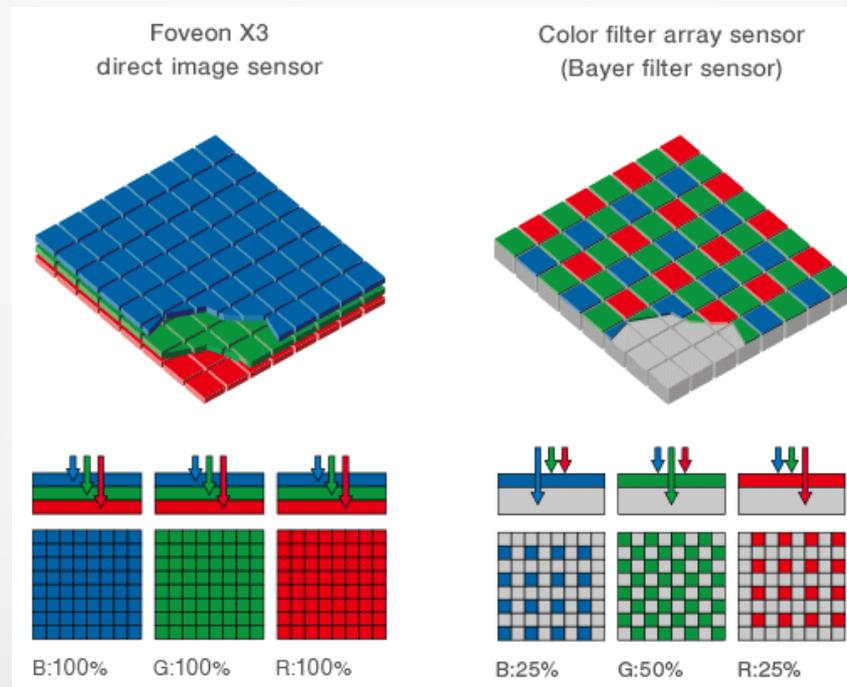
Traditional bayer



Fujifilm X-Trans

# Capteur Foveon

- Pas de matriçage, mais photosites « en couches »
- Technologie Sigma peu répandue (difficile à maîtriser semble-t-il)



# Codage numérique

- Dans tous les cas, on enregistre trois « signaux » : un rouge, un vert et un bleu
- Chacun est codé sur un nombre donné de « bits »
  - 8 bits par couleur en JPEG
  - 12 à 14 bits utiles par couleur en RAW
    - *Si on travaille en RAW, faire attention à travailler en 16 bits par couleur et non 8 bits, sinon, on perd tout l'avantage du mode RAW !*

# Codage numérique

- *(pour la facilité, on ne va parler ici que de représentation en 8 bits par couleur)*
- Quelques exemples (R,V,B):
  - (0,0,0) : noir (toutes couleurs éteintes)
  - (255,255,255) blanc (toutes couleurs au maxi)
  - (128,128,128) : gris 50 %
  - (128,128,0) : jaune « moyen »
  - (128,0,128) : magenta « moyen »
  - (0,64,64) : cyan « foncé »

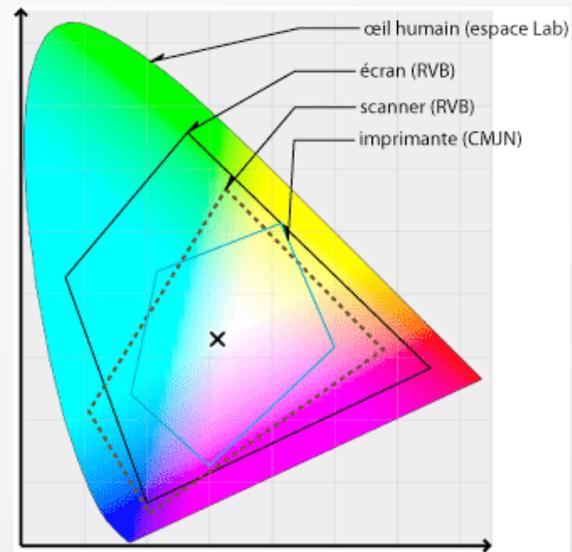
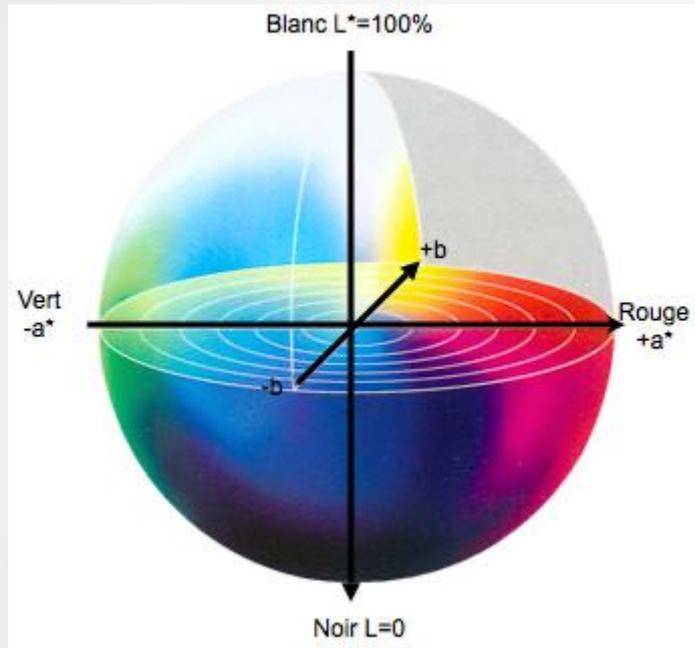
# Apparté : RAW ou JPEG

- Si on ne « retouche » (posttraite) pas les photos, le JPEG est suffisant pour une représentation optimum
  - En effet, l'œil humain ne distingue au mieux que 200 nuances par couleur primaire (plutôt une centaine pour la plupart)
- Si on posttraite, très rapidement, on perdra des nuances (visibles) si on ne travaille pas en RAW
  - Par exemple, effets de « zonages » dans les ciels

# Notion de « vraie » couleur

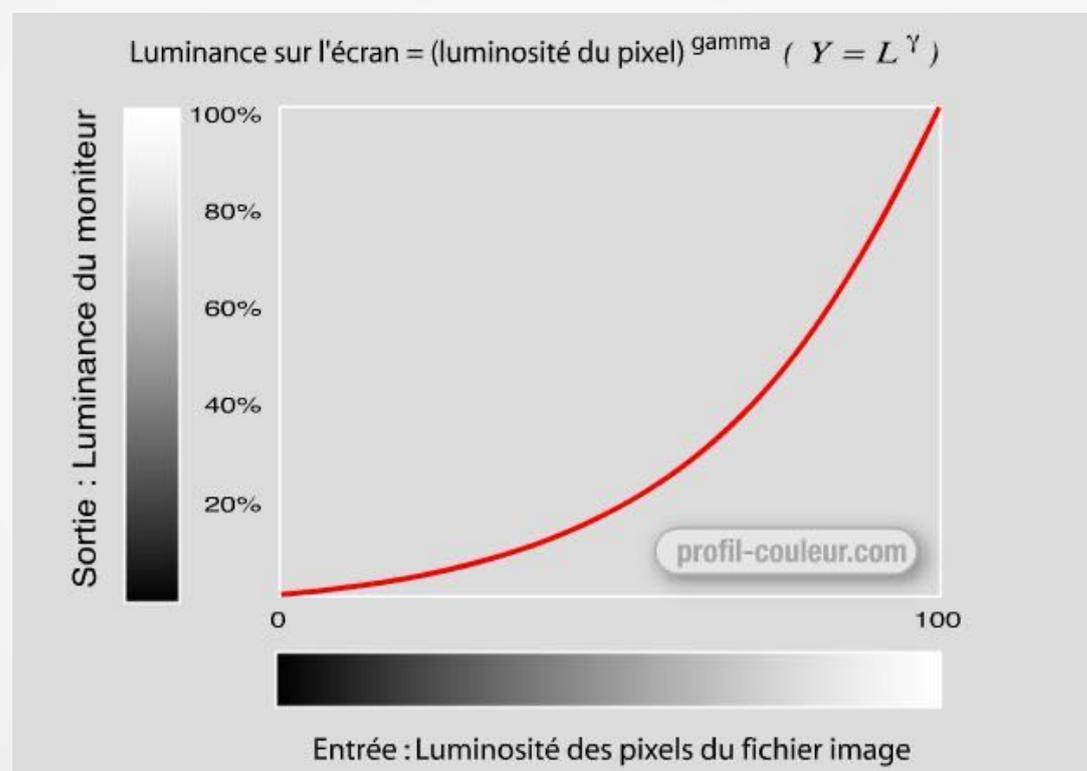
- À chaque triplet RVB correspond une « couleur », mais laquelle, car chaque dispositif de reproduction va réagir différemment
- Une normalisation = un « espace de couleur »
- L'espace de référence (ensemble des couleurs visibles par un œil humain) est l'espace «LAB »
  - Ou plus précisément espace «  $L^*a^*b$  »
- Un « gamut » est l'ensemble des nuances perceptibles/reproductibles par un dispositif
- Le « gamut » de l'œil humain est l'espace LAB

# Espace (L\*a\*b)



# Notion de « Gamma »

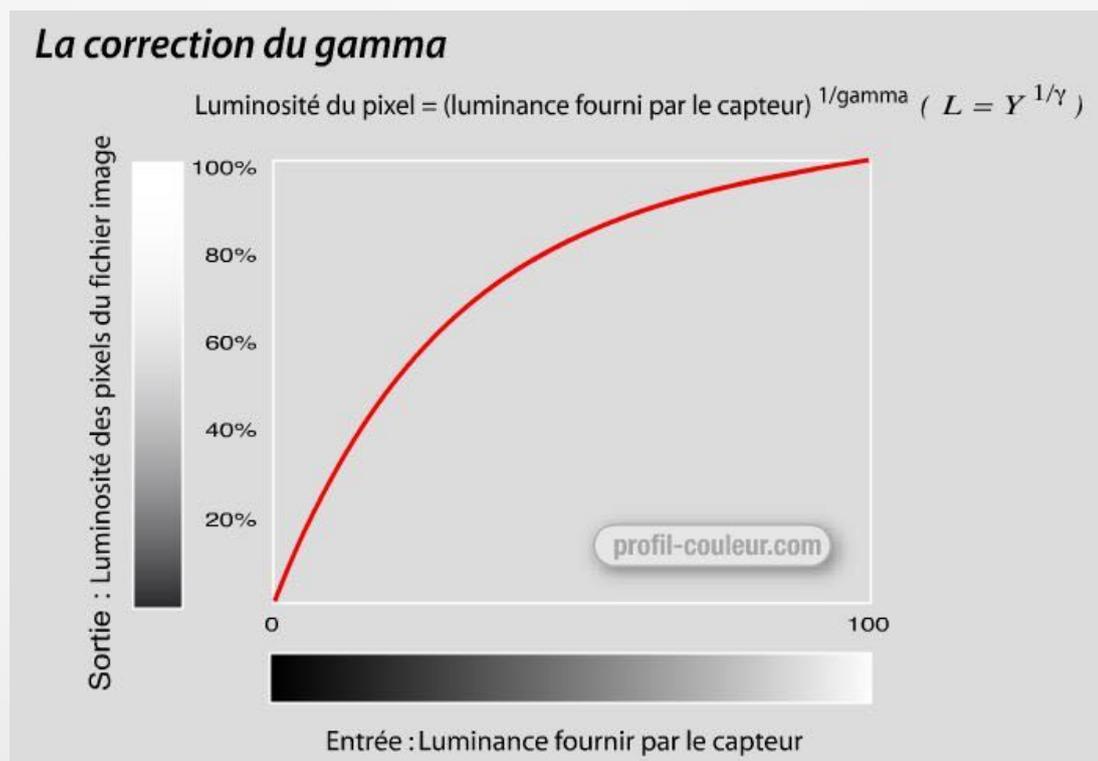
- La réponse des moniteurs vidéo n'est pas proportionnelle



- La « correction gamma » concerne le contraste

# Notion de « Gamma »

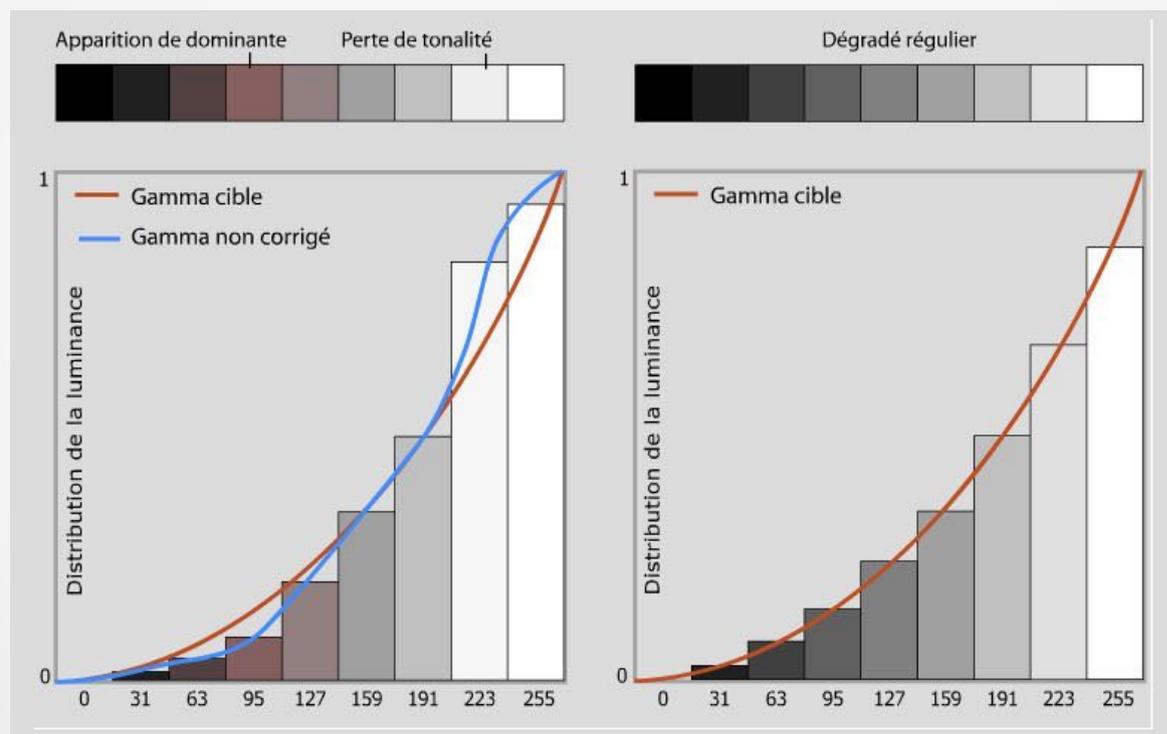
- On applique une correction à la source (camera, appareil photo) pour compenser cette courbe de réponse :
  - La norme est une correction avec un « gamma » de 2,2



- Il n'y a rien à faire si le moniteur utilisé a bien cette valeur

# Notion de « Gamma »

- Pour les écrans plats, cela est plus compliqué, la courbe de réponse n'est pas « régulière » (hyperbole)



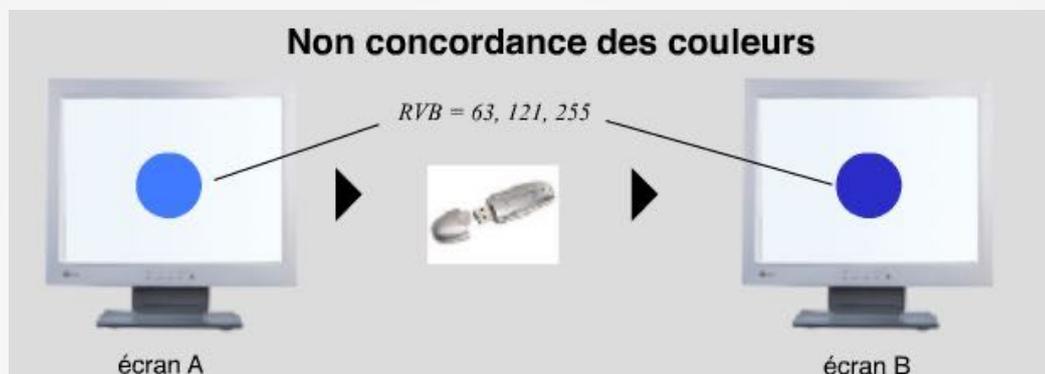
- Seule solution : calibration !

# La calibration

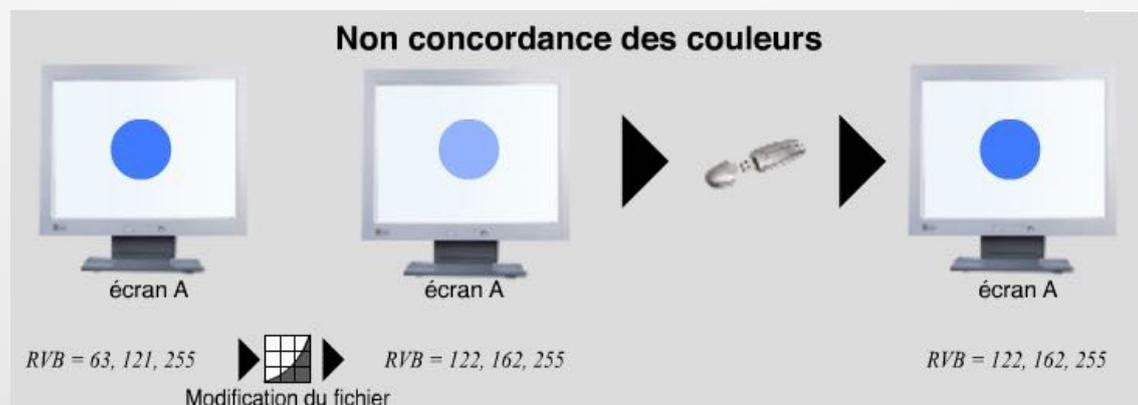
- La reproduction des couleurs est variable d'un dispositif (écran, imprimante, ...) à un autre, y compris de même référence
- Cet écart à la « perfection » est d'autant plus important que le matériel est « bon marché » et destiné au grand public et non au marché professionnel
- En ce qui concerne les écrans (tous plats désormais), ils sont en règle générale :
  - Trop contrastés
  - Trop « froids » (tirent vers le bleu, faute au rétroéclairage LED)
  - Car destinés à rendre les vidéo plus attrayantes
  - Les écrans brillants accentuent ces défauts !
    - Pour la retouche photo, il faut préférer des écrans mats

# La calibration

- Non concordance d'un écran à un autre :



- Mauvaise méthode, modifier la photo originale :



# La calibration

- La calibration va servir à :
  - Mesurer les capacités de reproduction de l'écran (du projecteur, du scanner, de l'imprimante)
    - C'est à dire son espace réel de couleurs (Gamut)
  - Mesurer sa « réponse » aux valeurs d'entrée, c'est à dire ses défauts pour pouvoir les compenser
  - Définir le « profil de couleur », i.e. un fichier contenant ces caractéristiques de mesures, relatives à l'espace LAB
    - C'est le « profil ICC »

# La calibration

- Est effectuée avec un « colorimètre » pour les écrans, et un « spectrophotomètre » pour les imprimantes
- Marques connues :
  - Datacolor (sondes Spyder)
  - X-Rite photo (plus « pro », mais premiers prix abordables)
- Logiciels :
  - Celui constructeur fourni avec la sonde
  - « DisplayCAL » (<http://displaycal.net>)
    - opensource, gratuit, très performant, ... complexe...

# Profil ICC

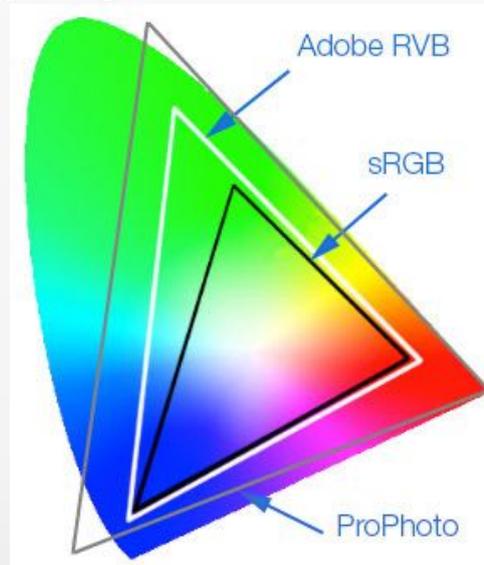
- C'est un fichier contenant les caractéristiques colorimétriques d'un appareil
- Autant d'appareil, autant de profil ICC
  - Ces profils sont tous uniques !
  - Pour les matériels professionnels, un profil correspond à une référence, car ils sont « calibrés » (homogénéisés) d'usine
  - Les matériels « grand public » sont tous différents
- C'est un fichier « nom.icc » (ou bien aussi « nom.icm »)
- Chargé automatiquement par le « driver » du logiciel de calibration
- Attention : version 2 et version 4 de la norme
  - Sous Windows, générer des profils V2 !!! : [démonstration](#)

# Espace de couleur

- Un « espace » de couleur correspond à un « gamut », mais sans défaut comme dans un profil ICC
  - Par exemple, avec un signal RVB = 128,128,128, on aura probablement un « gris bleu » sur un écran plat non calibré, alors que dans l'espace « sRVB », c'est un vrai gris.
  - Cela permet de travailler (retoucher dans Photoshop) dans un référentiel stable et connu
  - Les plus courant :
    - sRGB
    - AdobeRGB

# Espace de couleur

- sRGB : créé plus « petit » que l'espace LAB, pour correspondre au appareil de l'époque (1996)
- AdobeRGB : défini comme plus grand dénominateur entre imprimantes offset (1998)
- ProPhoto : plus large gamut



# Espace de couleur

- sRGB si on veut se simplifier la vie
  - Mais pas bien adapté à la retouche (contraste, colorimétrie)
- AdobeRGB : bon (meilleurs?) compromis
- ProPhoto RGB : gamut très étendu, proche du LAB
  - Idéal si on retouche, en particulier si on travaille en couleurs saturées et forts contrastes
  - Espace interne par défaut (mais on ne le sait pas...) de Lightroom

# Espace de couleur

- Dans Photoshop, on doit choisir (soit à l'ouverture directe si pas concordant avec celui prédéfini par défaut, soit dans Camera Raw)
- Attention : il est avantageux d'utiliser AdobeRGB ou ProPhoto même si on importe du JPEG
  - Mais c'est bien mieux de partir d'un RAW (un RAW n'a pas d'espace initial, c'est le derawtiseur qui le fixera)
- Si on choisi autre que sRGB, il est prudent de le réserver aux fichiers de travail (.psd), mais d'exporter les épreuves finales en sRGB si on doit les transmettre
  - Ou bien un autre profil si on connaît la destination (impression, tirage)
  - En fait, on doit exporter avec un profil adapté à l'usage !

# Attribution d'un profil

- N'est à faire que si :
  - Le fichier ouvert n'a pas de profil (scanner par exemple)
  - Le fichier ouvert n'a pas le bon profil
- Les valeurs numériques du fichier ne sont pas modifiées, donc l'apparence va changer
  - L'histogramme de Camera Raw est celui du profil attribué, pas incorporé
- Les JPEG qui viennent d'un appareil numérique ont un profil associé (sRGB ou AdobeRGB), donc, on règle dans le boîtier, on ne change pas à l'import

## sRGB ou AdobeRGB dans le boîtier ?

- Ne concerne que les JPEG (les RAW n'ont pas de profil)
- Change le nom (préfixe « \_ », c'est la norme)
- Si on n'a pas un logiciel qui gère les profils, prendre sRGB
  - De même si on ne retouche pas ou très peu
- Si on n'a pas calibré son écran, prendre sRGB
- Si on veut donner les photos sans connaître l'usage (qui, comment), prendre sRGB
- Prendre AdobeRGB si on sait pourquoi et comment faire et qu'on peut le faire !

# Convertir en profil

- Opération à réaliser au moment d'exporter sur épreuve finale dont on connaît la destination
  - Les valeurs du fichiers sont changées
  - L'aspect à l'écran est inchangé
- Par « défaut », convertir en sRGB si on ne connaît pas la destination
- Attribuer le profil correspondant au dispositif ciblé
  - Celui d'une imprimante (calibrée elle aussi)
  - Celui du papier choisi pour un tirage (profil en général fourni par le prestataire sur Internet)
  - En conséquence, ne pas passer par un prestataire qui ne fournit pas les profils de ses tireuses/papiers !

# Modes de conversion

- Pour gérer les couleurs hors gamut lors d'une conversion
- Perceptif : on « écrête » les couleurs hors gamut
  - Conservation des couleurs, mais perte de nuances hors gamut
- Relatif : on « condense » l'ensemble pour conserver autant de nuances
  - Nuances conservées, mais colorimétrie modifiée
- Défaut Photoshop : mode relatif
  - Mais préférer perceptif si couleurs (très) saturées d'origine (photo au flash par exemple)

# Modes de conversion

## Conversion en mode Perceptuel

ProPhoto-RGB



sRGB

## Conversion en mode Colorimétrie Relative

ProPhoto-RGB



sRGB

# Retour sur la calibration écran

- Pour obtenir les « bonnes » couleurs lors d'un tirage :
  - Il faut convertir dans le profil adéquat
  - Mais préalablement, pour juger des « bonnes » couleurs à l'écran, il doit être calibré
- Calibration et gestion des profils sont complémentaires
  - Il est inutile de gérer les profils des épreuves de tirage si l'écran n'est pas calibré !!!

# Retour sur la calibration écran

- Au plus simple, il faut se laisser guider par le logiciel associé à la sonde
  - Et ce d'autant plus qu'on ne dispose que de peu de moyens d'agir matériellement sur les contrastes/luminosité/point blanc/point noir.
- Si on a accès à contraste et luminosité, se souvenir que :
  - On règle le noir avec le bouton « luminosité »
  - On règle le blanc (et donc aussi l'adaptation à la lumière ambiante) avec le bouton « contraste »
    - Donc, on ne devrait que très rarement toucher au réglage « luminosité » !

# Retour sur la calibration écran

- Avec les écrans plats, c'est une opération qui n'est pas à renouveler souvent
  - Donc, pas nécessaire de posséder chacun une sonde (assez chère), le partage est préférable
- Il existe des écrans (externes) pré-calibrés, c'est très bien !
- La calibration des imprimantes est plus complexe et longue (et les spectrophotomètres chers)
- Les écrans des portables ont un rendu particulièrement « mauvais » sans calibration
- Il faut aussi calibrer les vidéoprojecteurs si on veut voir la même chose qu'à l'écran !

# Retour sur la calibration

- Quel « Gamma » ?
  - Le « gamma » est une notion qui corrèle la réponse d'un dispositif (œil, écran, ...) à un signal d'entrée.
  - Cette réponse est non linéaire, et le « gamma » est le paramètre de l'équation :
    - Signal de sortie = signal d'entrée  $^{\text{gamma}}$
  - Le « gamma » de l'œil varie en fonction de l'éclairage ambiant, il est environ de 2,2 lorsqu'on regarde un écran, et de 1,8 lorsqu'on lit un livre
    - NB : l'époque où Apple utilisait un gamma de 1,8 est révolue, désormais, aussi bien Windows que Apple utilisent un Gamma de 2,2
  - Pour calibrer, il est recommandé en photo d'utiliser la valeur 2,2
    - N'utiliser une autre valeur qu'à bon escient et en sachant pourquoi et comment (les professionnels de l'impression utiliseront plutôt 1,8)

# Retour sur la calibration

- Quelle température de couleur ?
  - Conserver celle naturelle du point blanc du moniteur, si c'est 6500°K (illuminant D65), conserver cette valeur
    - 6500°K = lumière du jour à midi ensoleillé
  - Le rendu d'une feuille de papier est plutôt dans les 5000°K, c'est la valeur retenue dans l'industrie graphique, mais avec espaces de couleurs eciRGB ou ColormatchRGB et des moniteur avec illuminant D50
  - Le blanc le plus « neutre » se situe autour de 5600°K, et l'éclairage standard en photo est à 5600°K.
  - Au plus simple, utiliser 6500°K (moniteur D65)
  - Sinon, entre 5500°K et 6000°K est un bon compromis pour photographes
    - NB : les écrans « grand public » sont la plupart du temps réglé d'usine à 9300°K, c'est pourquoi ils ont un rendu très (trop) froid !

# Et maintenant...

- Qu'on retouche ou pas, on a toujours avantage à avoir un écran calibré !
  - Faire un/des atelier(s) « calibration » pour traiter les portables
  - Prêt de sonde pour les ordinateurs fixes
- Pour gérer (attribuer/convertir) les profils, il faut un logiciel qui saura le faire :
  - Photoshop, Lightroom : oui
  - Faststone Image Viewer : non (gère en lecture, mais pas conversion ?)
  - Autres : s'informer au besoin avant de choisir...

# Liens Internet

- Site d'Arnaud Frich :
  - <http://www.guide-gestion-des-couleurs.com/>
- Comprendre la couleur et ses profils (plus « pro », orienté impression):
  - <http://www.profil-couleur.com>
- Spyder : <http://spyder.datacolor.com/fr/>
- X-Rite photo : <http://xritephoto.com/>
- Calibration opensource : <http://displaycal.net/>
- Et pour approfondir plus : le livre  
« *La gestion des couleurs : pour les photographes, graphistes et le prépresse* »,  
par Jean Delmas, éditions Eyrolles

