



# COLORSOURCE

27 rue Pierre-Brossolette  
91430 IGNY  
Tél. / Fax : +33 (0) 1 69 41 01 62  
Mobile : +33 (0) 6 24 54 10 13  
Email : [info@color-source.net](mailto:info@color-source.net)  
<http://www.colorsourc.fr>

## COLORIMETRIE ET ARTS GRAPHIQUES

Article publié sur France Graphique en octobre 1997

Développer complètement le thème "Colorimétrie et Arts Graphiques" reviendrait à produire un ouvrage assez volumineux... car la maîtrise de la couleur tout au long de la chaîne graphique est au cœur des métiers de la photogravure, de la PAO moderne, de l'imprimerie et de la photographie professionnelle. Cette maîtrise concerne également les reprographes et tous les prestataires utilisant presses court tirage, imprimantes de posters et autres outils d'impression émergents. Obtenir en sortie des images nettes et au bon format du premier coup ne pose pas de problème, en général. Mais obtenir en sortie les "bonnes couleurs" du premier coup reste trop aléatoire, même pour les plus expérimentés.

Beaucoup de Professionnels expliquent volontiers que la maîtrise de la couleur demande une très longue expérience. Mais ils utilisent des méthodes empiriques : les méthodes arbitraires, et pas toujours valides technique ment, comme nous le verrons, de tels ou tels matériels ou logiciels particuliers. Il y a en France un sous-équipement très important en outils de calibration couleur et de contrôle qualité : aujourd'hui, chaque page d'un catalogue de VPC demande plusieurs allers-retours d'épreuves entre l'entreprise de prépresse et le donneur d'ordre : c'est ce qu'on appellerait "non qualité" dans tout autre Industrie, si on considère le fichier CMJN final prêt à imprimer comme un produit fini.

Le "CMJN" des Professionnels est un CMJN très particulier faisant référence au rendu de couleur générique des presses offset en encres standardisées, ou plus exactement aux épreuves analogiques traditionnelles. Si bien qu'on fait de la photogravure pour faire de belles épreuves, et non pas de beaux imprimés. Et le Reprographe doit maîtriser aussi l'utilisation du CMJN de type offset, que les encres CMJN très différentes de ses périphériques couleur.

Le savoir-faire irremplaçable des Professionnels, c'est savoir gérer les contraintes techniques de compression de contraste et de couleurs, en fonction de chaque original et des contraintes d'impression, pour une reproduction optimale au point de vue humain esthétique et subjectif. Mais trop souvent, la superposition de contraintes techniques amont et avalées mal gérées, ainsi qu'un mauvais paramétrage des logiciels, empêche de se consacrer librement et efficacement à cet aspect esthétique. Aujourd'hui encore, on sait plus facilement faire une bonne épreuve qu'un bon imprimé réel... La technique, qui devait être un simple outil au service de l'Art, est restée une contrainte.

Le but de cet article est donc d'expliquer les notions essentielles de Colorimétrie, et surtout leurs incidences sur la chaîne graphique ancienne ou moderne.

Chez THETA SCAN, notre idée de base est très simple : en matière de couleur, comme en tout autre domaine industriel, on ne sait bien reproduire que ce qu'on sait mesurer. Les instruments de mesure de la couleur sont de plus en plus performants et conviviaux, de mieux en mieux couplés aux logiciels d'Arts Graphiques, et de moins en moins coûteux. Ignorer ces outils revient à mal exploiter la quasi totalité des matériels et logiciels existants, et donc son propre outil de travail.

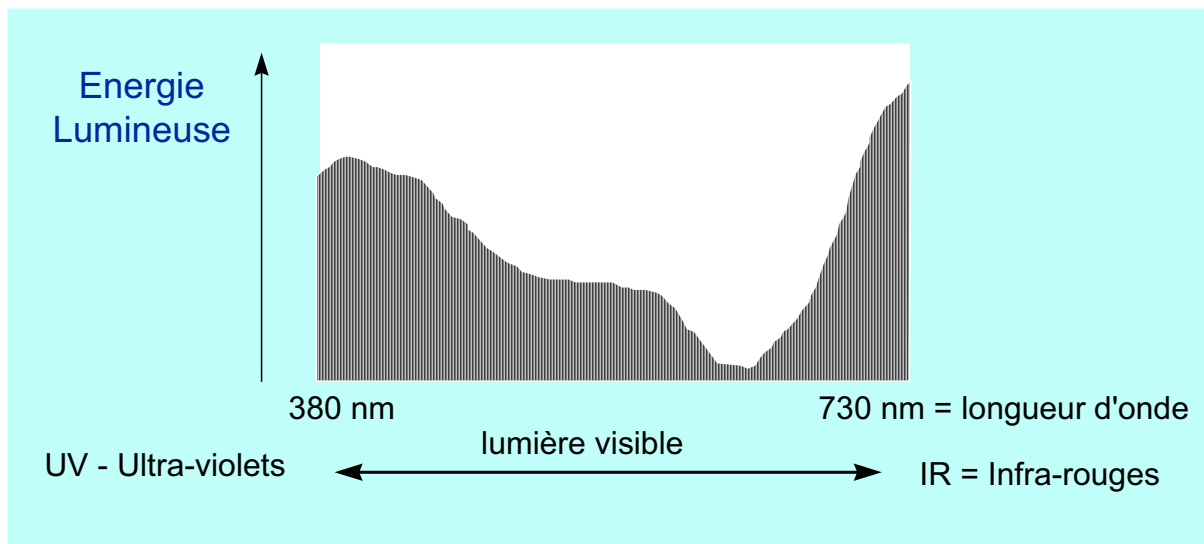
Les obstacles à une meilleure diffusion des techniques modernes basées sur la colorimétrie sont multiples : réticence de certains acteurs qualifiés qui pensent à tort pouvoir protéger ainsi leur savoir-faire, peur de ne pas savoir maîtriser ces notions nouvelles, et surtout immense manque d'information et de formation. Les fournisseurs traditionnels du marché des Industries Graphiques, tant du côté "gros systèmes" que "P.A.O", ont cru protéger leur propre savoir-faire en étant très avares d'informations... Une « formation produit » n'a qu'un intérêt limité, car les matériels et logiciels évoluent sans cesse. De bonnes bases théoriques sont beaucoup plus utiles et pérennes.

## 1) MESURE DE LA COULEUR :

### a) Le spectre visible :

L'œil humain est sensible aux ondes électromagnétiques dites "visibles", qui sont toutes les longueurs d'ondes comprises entre les ultraviolets et les infrarouges : ces longueurs d'ondes forment les "couleurs de l'arc en ciel". Ce qui signifie que chacune de ces longueurs d'onde prise individuellement produit sur le cerveau humain une impression colorée (couleur perçue).

De même, tout mélange quelconque de longueurs d'ondes visibles d'intensités quelconques produit une certaine impression colorée. La couleur perçue par l'œil dépend donc du spectre lumineux arrivant à l'œil, qui est déterminé par une courbe représentant l'énergie lumineuse présente pour chaque longueur d'onde visible. La surface de la courbe est l'énergie totale du spectre visible. Il est facile de mesurer cette courbe avec un spectrophotomètre, qui mesure l'énergie présente pour chaque longueur d'onde visible. En fait on ne peut mesurer l'énergie de chacune des longueurs d'onde (il y en a une quasi infinité), alors le spectrophotomètre décompose la courbe d'énergie lumineuse en 16, 32 ou 64 bandes. En Arts Graphiques, une mesure de la courbe sur 32 bandes (32 points pour définir la courbe) est plus que suffisante en regard de la précision recherchée.



### b) Où intervient la colorimétrie :

Si on se contente de mesurer le spectre sur 32 bandes, avec une faible résolution, par exemple en sur 100 niveaux l'énergie de chaque bande de longueur d'onde, on peut mesurer - ou créer -  $100^{32}$  spectres différents, soit  $10^{64}$  : 10 avec 64 zéros. Ceci montre qu'il y a beaucoup plus de spectres visibles différents que d'atomes sur Terre ! Même en supposant que l'œil puisse distinguer un milliard de couleur ( $10^9$ ), cela laisserait en moyenne  $10^{55}$  spectres possibles pour produire chaque couleur perçue par l'œil humain.

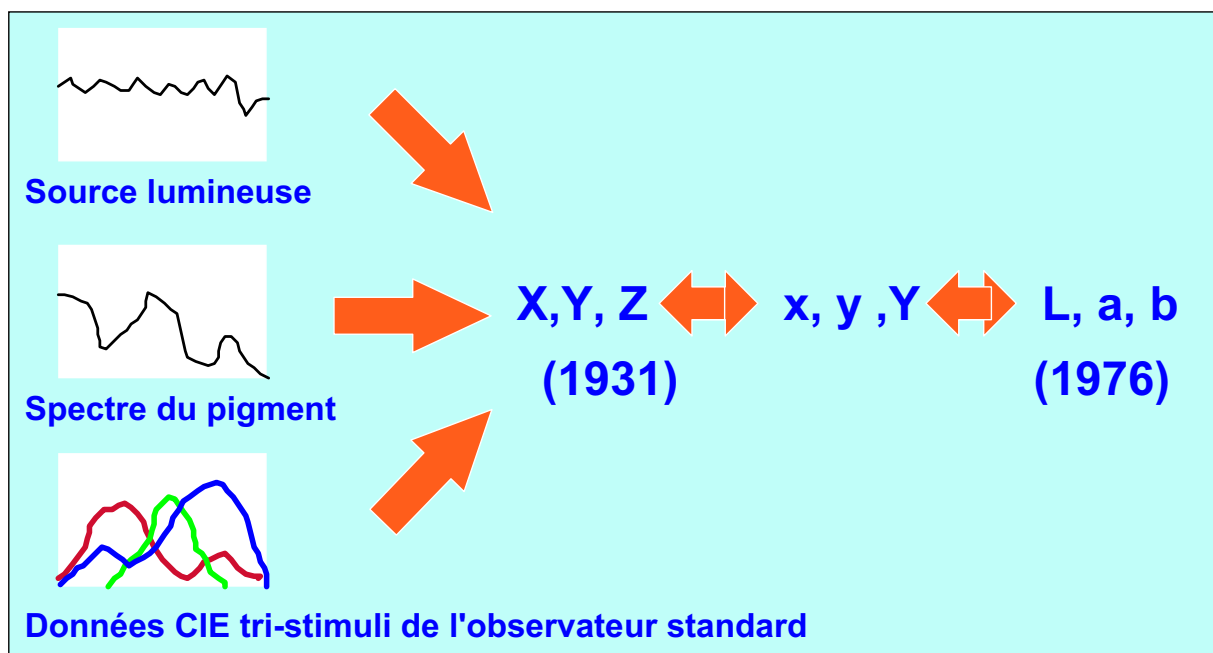
Le but de la colorimétrie est de prédire la couleur perçue par l'Homme en fonction du spectre parvenant à son œil. Comme on savait qu'intuitivement la couleur perçue possède trois composantes (Teinte, Luminosité, Saturation), les chercheurs de la C.I.E. (Commission Internationale de l'Eclairage), ont cherché une méthode de calcul permettant de déduire de tout spectre la couleur perçue par l'œil humain, exprimée dans un espace à trois composantes, et ils ont publié leurs premiers travaux en 1931.

Un tableau de nombre du domaine public "tables de l'observateur standard C.I.E.", a été établi expérimentalement, en étudiant, par comparaison de couleurs par un même observateur, les impressions colorées "rouge", "verte" et "bleue" produites pour chacune des couleurs élémentaires de l'arc en ciel. Le tableau résulte en fait de la moyenne des résultats de cette expérience sur plusieurs centaines d'individus. Pour chaque longueur d'onde visible - par pas de 5 nm -, le tableau attribue trois valeurs

correspondant aux impressions colorées “rouge”, “verte” et “bleue” produites pour cette longueur d’onde.

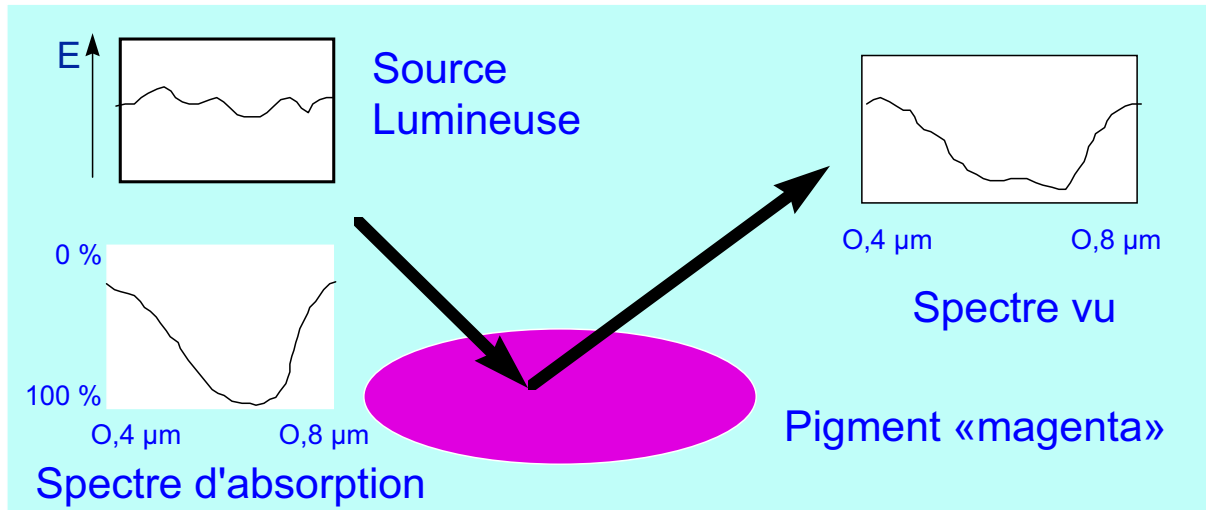
Un calcul simple permet ensuite de combiner les valeurs de tout spectre avec la table de valeurs C.I.E., pour calculer les coordonnées X, Y et Z de la couleur perçue dans l’espace perceptif (couleurs perçues) appelé C.I.E.XYZ. Deux spectres différents produisent donc la même couleur perçue si les calculs aboutissent au même point dans l’espace C.I.E. XYZ.

Le XYZ peut être assimilé à un RVB spécifique à l’œil humain. Un colorimètre mesure directement ces trois composantes à travers des filtres RVB spéciaux, mais ne sait pas mesurer un spectre. Un spectrophotomètre mesure le spectre, qui est la seule information complète sur une couleur. Il permet une meilleure précision, car on ne sait pas réaliser des filtres colorés RVB ayant exactement les courbes de réponse (dites tri stimuli) de l’œil humain. Un spectrophotomètre offre aussi plus de fonctions : par exemple prédire la couleur vue sous n’importe quel type d’éclairage, ou encore mesurer une densité. La limite de l’espace C.I.E. XYZ est que, si on aboutit à deux points différents en comparant deux spectres, il n’est pas facile de déduire l’écart de couleur subjectif qui sera perçu en fonction de la distance géométrique de ces deux points. Après avoir étudié expérimentalement la sensibilité de l’œil humain aux écarts de couleur dans l’espace XYZ, la C.I.E. a défini un nouvel espace, le C.I.E. Lab, dans lequel la différence subjective de deux couleurs est proportionnelle à la distance des points qui représentent ces deux couleurs. Notez bien que quand on connaît la valeur XYZ d’une couleur, on peut calculer ses coordonnées Lab, et réciproquement. L’espace Lab est déduit de l’espace XYZ par un simple changement de coordonnées, par des formules complexes, établies empiriquement pour que l’espace “colle bien” non seulement à la vision humaine des couleurs mais aussi des écarts de couleurs. L’espace C.I.E. Lab tient également compte du phénomène d’adaptation de l’œil humain, qui est en fait une véritable "balance des blancs" automatique de l’œil humain.



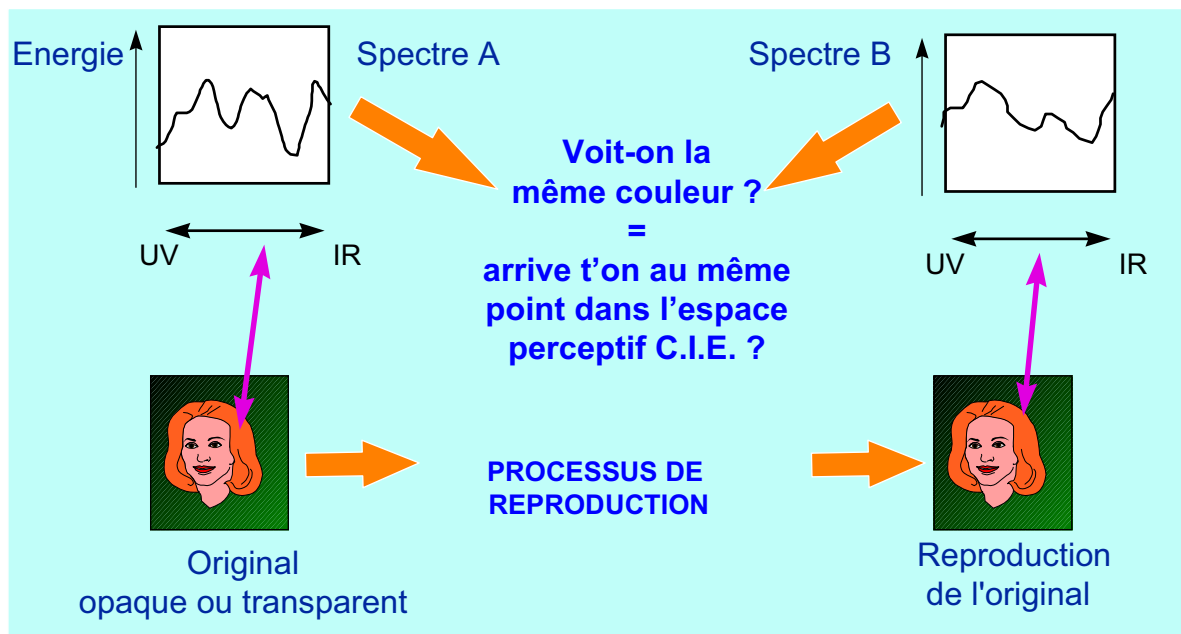
Il existe bien d’autres espaces “concurrents”, ayant le label “CIE ” ou pas, et chacun peut créer le sien propre à partir du XYZ, ou de tout sous-espace du XYZ suffisant pour l’application, revendiquant de meilleures propriétés d’homogénéité, ou des calculs plus simples. Force est de constater que le Lab est utilisé quotidiennement et avec succès par les industries de la peinture, des encres, des plastiques, du textile : il a donc fait ses preuves. Les professionnels de la reproduction de la couleur sont en fait les seuls à ne pas utiliser la colorimétrie.

**c) Couleur perçue en réflexion ou transmission :**



En réalité, le spectre lumineux parvenant à l'oeil quand on observe une couleur sur papier ou sur transparent, est le produit, pour chaque longueur d'onde du spectre d'émission de la source lumineuse, et du spectre d'absorption du pigment. Le spectre vu, et donc la couleur perçue, change en fonction de l'éclairage. Ceci explique l'utilisation obligatoire de sources de lumières normalisées (en général D50 pour les Arts Graphiques) lorsqu'on veut comparer deux couleurs produites par des pigments de base CMJ ou CMJN différents. On parle alors de telle ou telle couleur "Lab D50" pour dire qu'un pigment a telle apparence Lab lorsque éclairé en D50.

**2) CONSEQUENCES IMPORTANTES EN ARTS GRAPHIQUES :**



- **Reproduction de la couleur :**

En imprimerie, en photographie ou dans tout autre domaine de reproduction de la couleur tel que la télévision, toute reproduction de couleur est une simulation de couleur : on ne sait pas reproduire fidèlement le spectre d'une couleur dans ces domaines, mais on veut s'assurer que les impressions colorées produites par les spectres différents de l'original et de la reproduction, sont bien identiques : la colorimétrie est donc un outil incontournable.

- **Couleurs perçues pour un fichier RVB :**

Sur un moniteur couleur, on crée la couleur en produisant un spectre continu qui est la somme des trois spectres produits par trois types de luminophores “rouges”, “verts” et “bleus”, dont on dose individuellement l’intensité. Mais un rouge 100% (255) est très différent d’un fabricant de tube à l’autre, car les spectres d’émission des luminophores ne sont pas normalisés. Il en est de même pour les autres couleurs de base. Si bien que nul ne sait a priori quelle couleur sera perçue pour une certaine valeur RVB.

Un scanner filtre le spectre d’une couleur originale par trois filtres RVB non normalisés, et utilise une source de lumière non normalisée. Nul ne sait a priori qu’elle est la couleur vraie sur l’original scanné, pour une valeur RVB du fichier brut de scan. De plus, deux couleurs perçues identiques en éclairage normalisé sur deux type d’originaux (par exemple Kodak et Agfa), ont en général des spectres très différents, car les pigments chromogènes CMJ de base sont différents. Le scanner découpe le spectre de la couleur en “tranches R, V, B” à travers des filtres ne correspondant pas à la vision humaine. Si bien que la même couleur perçue sur les deux originaux produira deux valeurs RVB différentes dans le fichier scanné.

Note : Sur le plan de la mesure, un densitomètre mesure les densités en découpant lui aussi le spectre d’une couleur réfléchi ou transmise en “tranches” R, V, B, mais avec des filtres R,V,B et une source lumineuse normalisés (réponse spectrale E ou T par exemple). Mais comme ce RVB est différent de la vision humaine, des couleurs identiques sous éclairage D50 peuvent avoir des densités très différentes si leurs spectres sont différents. Le densitomètre n’est donc pas un équipement de mesure de la couleur, mais un équipement permettant de contrôler par exemple la conformité d’une épaisseur d’encre en aplat par rapport à des tolérances établies pour cette même encre avec le même type de densitomètre : par exemple pour la vérification de l’encre d’un imprimé sur les barres de contrôle, compte tenu que les pigments CMJN offset sont standardisés. Sur une encre primaire connue, une densité représente donc une quantité d’encre par unité de surface.

Il ressort des points précédents qu’un fichier RVB ne signifie rien en matière de couleurs.

- **Couleurs perçues pour un fichier CMJN :**

Pour reproduire des couleurs sur papier, en imprimerie, on utilise des pigments CMJ, ou CMJN, qui absorbent sélectivement toute ou partie du spectre de la source lumineuse d’éclairage (un “magenta” absorbe principalement les composantes “vertes” du spectre éclairant, d’où le nom de reproduction soustractive) Si bien qu’on ne connaît les couleurs produites par un fichier CMJ ou CMJN, que si les pigments CMJN sont connus, et que les couleurs produites par leur mélange et tramage sont connues, ou prévisibles.

Il en ressort que, dans le cas général, un fichier CMJ ou CMJN ne signifie rien en matière de couleurs. Les professionnels des industries graphiques sont très attachés à un CMJN très particulier, celui de l’impression offset en quadrichromie, car les encres ont été normalisées depuis longtemps pour que les mêmes films produisent les mêmes couleurs chez tous les imprimeurs offset, s’ils peuvent se caler sur des engraisements de point et des densités d’aplats standard et arbitraires. Cette normalisation des encres est une excellente chose, mais ne doit pas inciter les Professionnels à penser que “la couleur, c’est du CMJN”. Je me rappelle une époque récente où les vendeurs de scanners «CMJN» (qui sont bien sûr des scanners RVB à calculateur de séparation de couleur intégré), expliquaient aux photographeurs qu’un scanner RVB ne pourrait jamais leur donner satisfaction, car la couleur ayant 4 composantes (CMJN bien sûr !), il en manquait une si on travaillait en RVB !

- **Confusion des contraintes techniques et esthétiques sur scanner traditionnel :**

Le scannériste chromiste a en tête, par une longue expérience, le lien entre la couleur qu’il voit (donc la couleur perçue de type C.I.E.), et les valeurs CMJN des films pour une impression offset en encres Euro standard. Mais si on utilise des encres américaines SWOP, un magenta chaud, ou une impression héliographique, ou une imprimante de bureau, ce lien mental montre ses limites.

L'opérateur scanner qualifié analysant un original sur scanner traditionnel pour produire un brut de scan CMJN prêt à imprimer gère simultanément les contraintes suivantes :

- Il doit gérer le fait que son scanner à cylindre ne voit pas le même RVB pour une même couleur, en fonction du type de transparent photographique analysé : son scanner n'a pas la vision humaine.
- Il est censé connaître à l'avance toutes les caractéristiques du processus d'impression CMJN qui sera utilisé.
- Il doit corriger les dominantes éventuelles de l'original
- Il doit gérer les compressions de contraste et de couleur de manière esthétique en fonction de chaque original.

Il est impossible de gérer correctement tant de contraintes superposées, et de plus, même en cas de succès, les couleurs de l'original photographique ne sont jamais contractuelles !

Il reste possible aujourd'hui de faire un bien meilleur usage de ces excellents scanners, en utilisant les outils matériels et logiciels appropriés.

- **Choix arbitraires et incohérents des fabricants de logiciels :**

Aujourd'hui, chaque logiciel de P.A.O. impose une correspondance arbitraire entre le RVB écran, et la vraie couleur à reproduire Lab. L'équivalence logique entre les valeurs Lab et RVB d'un fichier est implicite, variable en fonction de chaque logiciel, et non documentée. Un même Pantone a des composantes RVB différentes selon chaque logiciel, qu'il soit « certifié Pantone » ou non.

Ceci n'affecte que la visualisation sur écran. Mais beaucoup plus grave, chaque logiciel impose une correspondance arbitraire entre la couleur à reproduire Lab, et sa valeur CMJN. Un même Pantone a des composantes CMJN différentes et contradictoires selon chaque logiciel, certifié Pantone ou non.

Les correspondances RVB écran-Lab, et Lab-CMJN sont paramétrables ou non, selon les logiciels, mais par des méthodes empiriques, incomplètes et non documentées. Et en tous cas inutilisables par tout utilisateur ignorant la colorimétrie. La plupart des logiciels, Photoshop par exemple, confondent d'ailleurs le RVB écran et le RVB scanner. Aucun problème n'est pourtant insurmontable par un utilisateur formé, et en plus, l'architecture ICC apporte des solutions bien meilleures, nous y reviendrons.

- **L'impasse technologique des tables de montage fonctionnant en CMJN :**

Puisque toute couleur perçue a 3 composantes, il est logique de la coder dans les fichiers avec 3 composantes, qui ne sont pas forcément le Lab ou le XYZ. Du moment qu'un fichier attaché au périphérique couleur considéré crée un lien entre le codage retenu (par exemple « RVB scanner » ou « RVB écran », et les couleurs perçues (les vraies couleurs) correspondantes.

C'est ce que propose l'architecture ICC qui définit un format de fichier normalisé (profils ICC), mettant en concurrence fabricants de spectrophotomètres, fabricants de logiciels permettant mesure et calcul des profils, et fabricants de logiciels exploitant les profils pour gérer la couleur tout au long de la chaîne graphique.

Un profil ICC écran, établi pour un écran donné à un instant donné, permet de faire le lien entre toute couleur RVB écran et la couleur qui sera perçue, et réciproquement.

Par contre, le codage d'une couleur en CMJN au niveau d'un système de retouche est aberrant. De simples considérations mathématiques montrent l'absurdité de ce choix technique, car une même couleur peut en général être décrite avec plusieurs valeurs CMJN distinctes, selon le niveau de retrait de sous-couleur ou d'analyse achromatique. *Le « CMJN » est donc un ensemble dans lequel il est mathématiquement impossible de calculer efficacement, parce qu'une même couleur perçue ne s'y écrit pas de manière unique.* La réalisation d'un brut de scan CMJN en tête de chaîne graphique, puis le codage en CMJN dans une table de montage (qui ne réalise la conversion RVB que pour l'affichage écran), est un non sens technique. Là encore, on a expliqué aux photogreveurs que « la couleur, c'est du CMJN », au lieu de les informer et de les former.

Le passage en CMJN est seulement utile en fin de traitement, et peut alors se faire librement selon les contraintes techniques d'impression. En pratique, seule la fixation de ces contraintes permet d'afficher ou de spécifier des couleurs en CMJN, ce qui restera un simple repère mental pour les chromistes qualifiés.

### **3) LES SOLUTIONS POUR AVANCER :**

Il est clair qu'on ne peut optimiser l'utilisation de son outil de production sans connaître la colorimétrie et ses incidences sur son métier. En pratique, il est facile d'optimiser la qualité et la productivité de son outil de travail, sans remettre en cause les investissements importants. Et de le compléter avec des équipements et logiciels modernes et peu coûteux.

Les profils ICC sont un progrès majeur, qui apportent des solutions incontournables à une partie des problèmes cités, et un prochain article décrira les avantages, mais aussi les limites, de cette architecture : une solution universelle n'est pas forcément idéale en fonction de chaque application, et des outils de production existant chez l'utilisateur, ou disponibles à ce jour sur le marché.

Mais tous les nouveaux outils demandent avant tout une formation, pour que les utilisateurs sachent en premier lieu analyser de manière critique leurs outils et méthodes actuels de travail, (par exemple, savent-ils bien paramétrer Photoshop tel qu'il est aujourd'hui ?), puis intégrer harmonieusement les nouveaux outils.

Le système ColorShop de X-Rite/ Light Source a pleinement démocratisé l'accès à ces progrès, et il est clair que sa diffusion n'est pas limitée par son prix, mais par l'état des connaissances des utilisateurs potentiels. Certains lui reprochent une précision de mesure de l'ordre de 1 Lab... sans s'apercevoir qu'ils travaillent tous les jours avec des aléas 20 ou 30 fois plus importants ! En réalité, comme pour tout autre type d'instrument de mesure, on est amené à chercher une précision plus ou moins grande en fonction de chaque application : tout le monde n'utilise pas un voltmètre 200 000 points ou une balance au micro gramme !

Pour les applications demandant l'établissement de profils ICC de très haute précision, GretagMacbeth apporte d'excellentes solutions.

C'est pourquoi THETA SCAN est le Distributeur français des produits X-Rite/ Light Source et des produits GretagMacbeth, qui sont des outils complémentaires dans toute Entreprise des Industries Graphiques.

THETA SCAN met en place un cours de formation à la couleur professionnelle, dont l'ambition est d'être une formation à des méthodes de travail, plus qu'à des produits.