Guide complet et pratique de

la couleur

Jean-Pierre Couwenbergh

Versions d'évaluation de :

- **Photoshop 7**
- **Binuscan PhotoRetouch Pro***
- **Enfocus Instant PDF**
- **Enfocus PitStop Professionnel**
- **Quite Revealing****
- **Lantana Crackerjack**
- **PDF ImageWorks**

* Mac seulement, ** En anglais

OEM
EYROLLES

Jean-Pierre Couwenbergh

Guide complet et pratique de la couleur

OEM
EYROLLES

Sommaire

Préambule 7

Chapitre 1 : Comprendre la couleur 11

Chapitre 2 : Perception et mesure des couleurs 41

Chapitre 3 : Couleur et graphisme sur ordinateur 65

Chapitre 4 : La gestion de la couleur 153

Chapitre 5 : La gestion et le traitement de la couleur avec Photoshop 195

Chapitre 6 : La gestion de la couleur pour le Web 267

Chapitre 7 : La couleur multifonction 321

Glossaire des mots-clés 349

Index 383

Table des matières 387

Contenu du CD-ROM 396

PRÉAMBULE

Depuis des siècles, l'homme s'efforce de comprendre et de maîtriser la couleur. La difficulté de sa tâche réside dans la nature même de la couleur. Il est en effet erroné de penser ou de croire que la couleur est une chose matérielle ou même une fraction de lumière. Il s'agit avant tout d'une sensation.

La nature et les propriétés des couleurs concernent autant notre vie quotidienne que notre vie professionnelle et même notre bien-être intérieur. Phénomène complexe donc que celui de la couleur qui recouvre un vaste domaine de préoccupations dont les composantes sont aussi bien d'ordre physique que physiologique et psychologique. Comprendre les mécanismes qui sont à la base de la couleur constitue l'objet du premier chapitre de cet ouvrage.

La couleur étant un des aspects importants de notre existence et des activités humaines en général, il est essentiel de pouvoir la mesurer et la classer. C'est le rôle de la Colorimétrie et de la Psychométrie qui constituent le sujet du deuxième chapitre.

Avec l'avènement des ordinateurs et de l'infographie, en particulier, notre vision du monde s'est vue élargie au-delà du champ limité de nos propres sens. Des mondes inconnus s'offrent ainsi subitement à nous : comme le microscope ou le télescope, l'image par ordinateur nous permet de porter notre vision des choses de l'infiniment petit à l'infiniment grand. L'arrivée de ces « nouvelles » images a par la même occasion bouleversé la manière d'envisager la couleur. Du scientifique à l'artiste, l'utilisation de la couleur implique, en effet, pour ces derniers la prise en compte de toute une série de nouvelles techniques spécifiques à chaque discipline concernée.

Si l'objectif des chapitres trois à six est d'expliquer et d'illustrer l'utilisation de la couleur dans le domaine des arts graphiques, le chapitre sept passe en revue les applications dans quelques autres domaines comme la conception assistée par ordinateur (CAO), la synthèse d'images, la télédétection et l'imagerie médicale.

Cet ouvrage se veut avant tout pédagogique et peut être considéré comme une introduction à l'utilisation de la couleur en infographie. En effet, chacun des thèmes abordés peut constituer un sujet d'ouvrage en soi.

Chapitre 1
Comprendre la couleur

1. Introduction

Vivant dans un univers coloré, l'homme n'a cessé de chercher depuis les temps les plus reculés à connaître la nature profonde et les multiples facettes de celui-ci. Ainsi, depuis l'époque des premiers chasseurs de l'âge de la pierre, qui peignaient des représentations colorées sur les murs de leurs grottes, jusqu'à l'émerveillement des premiers cosmonautes filmant la splendide planète bleue qu'est la terre, les hommes ont cherché à capter les couleurs de leur univers. Ces couleurs qu'ils réussissaient à fixer ne sont pas, pour être précis, les couleurs de l'objet matériel représenté mais celles de la lumière qui permet de les voir.

La couleur particulière d'un objet est donc essentiellement une **sensation**. Elle n'est ni une réalité physique ni une chose matérielle. La couleur n'existe donc pas par elle-même. Elle est un « effet » produit par la réunion de trois composantes (fig.1.1) :

- l'existence d'un **objet**, support de la couleur.
- la disponibilité d'une **lumière** assurant un éclairage suffisant de l'objet.
- la présence de **l'œil** pour capter le message transmis par l'objet et le communiquer au cerveau en vue d'une interprétation.

Il semble en effet évident que la couleur ne peut exister en dehors d'une chose matérielle. Cette dernière, qui est le support de la couleur, c'est l'objet. D'autre part, la cou-

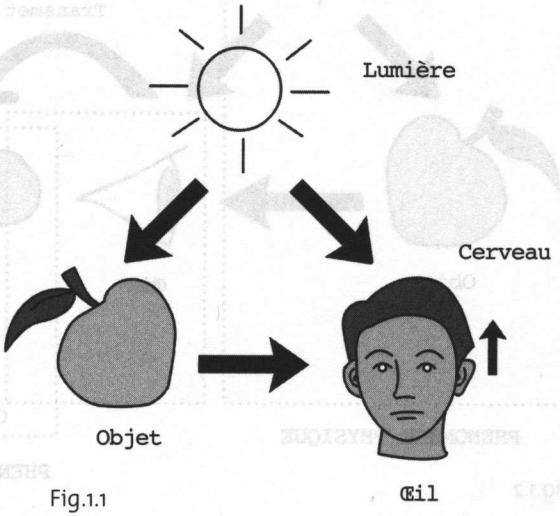


Fig.1.1

leur n'est perceptible que si l'éclairage le permet. Enfin, pour la voir, il faut encore un observateur.

Ces trois éléments nécessaires pour que la couleur existe et soit perçue ne sont pas fixes mais varient en fonction de multiples facteurs, dont la nature de l'objet, le type d'éclairage, les défauts éventuels de la vision humaine comme le daltonisme, etc.

Cette triple dépendance de la couleur (objet, lumière, œil) est impérative. Il s'ensuit que nous nous trouvons en présence de deux classes de phénomènes bien distincts : les premiers, matériels, liés aux effets physiologiques des origines physiques de la lumière ; les autres résultant de l'action psychologique de ces effets, de leur influence sur notre esprit, notre comportement, nos sentiments.

Le problème de la couleur recouvre ainsi un vaste domaine de préoccupations dont nous n'aborderons ci-après, et de manière très succincte, que les trois aspects les plus importants, à savoir la couleur comme phénomène **physique**, **physiologique** et **psychologique** (fig.1.2).

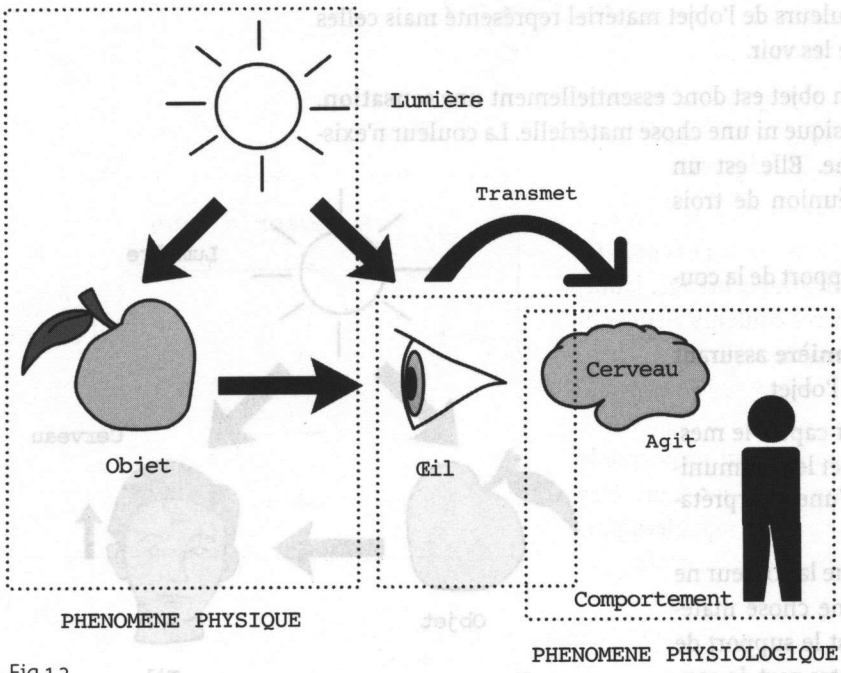


Fig.1.2

2. La couleur comme phénomène physique

D'un point de vue physique, la couleur peut avoir plusieurs causes, mais toutes ont la même origine. Ce sont en effet les électrons de la matière qui, par leurs diverses interactions avec les ondes lumineuses, donnent au monde son aspect coloré (fig.1.3). Il est donc essentiel, pour bien comprendre l'origine de la couleur, d'expliquer succinctement le mécanisme d'interaction de l'énergie lumineuse et de la matière.

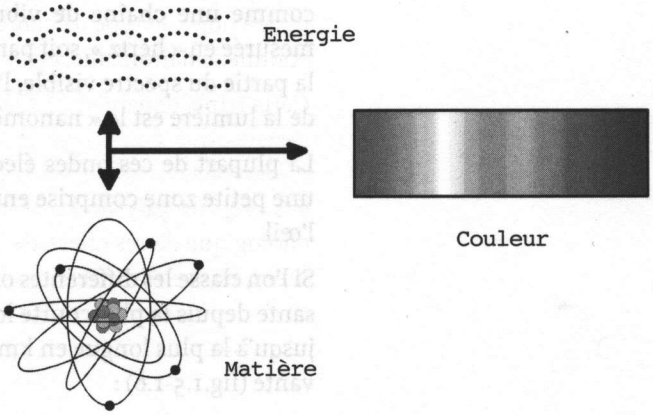


Fig.1.3

2.1. Les ondes électromagnétiques

La lumière visible qui nous vient du soleil est dite blanche et est composée de l'ensemble des couleurs que nous pouvons percevoir (rouge, orange, jaune, vert, bleu, violet). En plus de ces couleurs visibles, il y a aussi deux autres « couleurs » en provenance du soleil et que notre œil ne peut pas voir : avant le rouge, il y a l'infrarouge (qui donne la chaleur) et après le violet, il y a l'ultraviolet (qui provoque le bronzage). Ces rayons lumineux peuvent être représentés par une série de vagues (appelées plus scientifiquement des ondes) qui se suivent (fig.1.4). Selon la distance entre deux vagues (encore appelée « longueur d'onde ») le rayon sera rouge, vert, bleu... ou invisible si cette distance est trop grande ou trop petite pour être perceptible par l'œil.

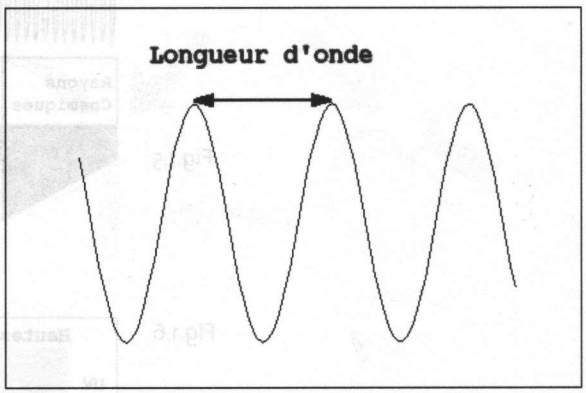


Fig.1.4

La lumière du soleil fait partie d'une vaste échelle de radiations qui sillonnent notre univers et qui après de multiples péripéties nous parviennent sur la terre. Cette infinité de radiations, encore appelées « **ondes électromagnétiques** » par le physicien anglais J. Maxwell, peut se concevoir comme une chaîne de vibrations caractérisées soit par leur fréquence, mesurée en « hertz », soit par leur longueur d'onde mesurée en mètres. Pour la partie du spectre visible, l'unité usuelle de mesure des longueurs d'onde de la lumière est le « nanomètre » qui vaut un milliardième de mètre.

La plupart de ces ondes électromagnétiques sont invisibles à l'œil. Seule une petite zone comprise entre 380 et 780 nanomètres peut être captée par l'œil.

Si l'on classe les différentes ondes électromagnétiques sur une échelle croissante depuis la plus courte longueur d'onde 0.0001 nm (rayons cosmiques) jusqu'à la plus longue en km (ondes hertziennes), on a la classification suivante (fig.1.5-1.6) :

Fig.1.5

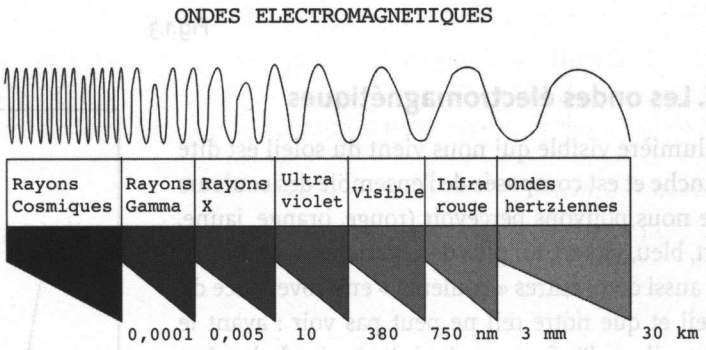
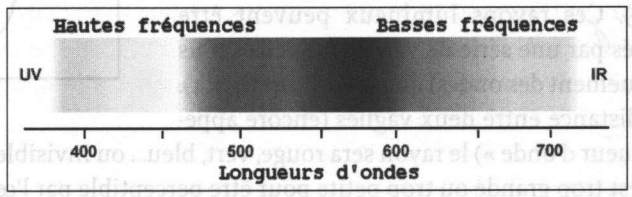


Fig.1.6



- **Les rayons cosmiques** : ces rayons sont émis par le soleil ou des étoiles et se rencontrent à très haute altitude. Ils peuvent présenter des dangers pour l'organisme humain. Heureusement, grâce à la diffusion dans l'atmosphère, ces radiations ne parviennent que faiblement sur la terre.

  Utilisation : domaine de la recherche scientifique.

- **Les rayons gamma** : ces radiations sont émises par des substances radioactives telles que le radium. Elles sont également dangereuses pour l'organisme.

  Utilisation : médecine thérapeutique (cancer), industrie (radiographie des métaux, stérilisation alimentaire).

- **Les rayons X** : ces radiations de faible longueur d'onde traversent plus ou moins facilement les corps matériels. Elles sont produites matériellement par un tube de Coolidge. La radiographie médicale est basée sur le fait que les os sont un peu plus opaques aux rayons X que la chair. Une exposition trop fréquente à ce type de rayons peut causer des mutations génétiques et des cancers.

  Utilisation : radiologie thérapeutique et industrielle.

- **Les rayons ultraviolets (UV)** : ces radiations sont abondantes en altitude et provoquent,dans le cas des « courts UV", des brûlures de la peau. Ce type de rayons provoque aussi le bronzage de la peau qui peut être considéré comme un mécanisme de défense du corps contre l'attaque des rayons ultraviolets.

  Utilisation : biologie, biophysique, stérilisation, détection de faux billets, etc.

- **La lumière visible** : ces radiations sont captées par l'œil et transmises au cerveau, qui les transforme en de multiples sensations de couleurs.

  Utilisation : vision, photosynthèse, industrie, laser, etc.

- **Les rayons infrarouges (IR)** : ces radiations existent dans la lumière du jour et sont parfaitement perçues par notre sens du toucher et traduites en sensation de chaleur. Elles sont émises artificiellement par toutes les lampes à incandescence ou à vapeur de césium.

  Application : médecine thérapeutique, chauffage des locaux, fours, photographie, vision nocturne, etc.

- Les **micro-ondes** : ces radiations ont une fréquence très peu élevée. Les fours à micro-ondes, qui en sont un exemple typique, utilisent une fréquence très particulière, pour chauffer les aliments (en fait, il s'agit d'une fréquence qui fait vibrer les molécules d'eau, donc qui les chauffe). Autre exemple, les téléphones mobiles, ainsi que leurs stations relais. Ils émettent des ondes électromagnétiques à des fréquences de 900 MHz, 1800 MHz, 2000 MHz proches du four à micro-ondes qui, lui, émet en 2450 MHz.

  Application : four à micro-ondes, télécommunications, etc.
- **Les ondes hertziennes et radio** : ces radiations comprennent toutes les ondes de radio, de radar, de télévision, etc. Elles peuvent dépasser les 500 km de longueur d'onde. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, les ondes qui transportent les émissions radio de l'antenne émettrice au poste récepteur ne sont pas des ondes sonores. Une antenne radio émettrice produit de la lumière tout comme un néon ; la différence, c'est qu'il s'agit d'ondes de type radio. Elles sont déformées selon un code qui représente le son ou l'image qu'elles ont pour mission de véhiculer. Un récepteur capte les ondes puis décode le signal, transformant les déformations d'amplitude en une reproduction plus ou moins fidèle du son ou de l'image originale.

  Application : radio, télévision, télécommunications, etc.

2.2. Composition spectrale de la lumière visible

L'importance de la lumière comme source de toutes les couleurs a été démontrée expérimentalement par le physicien Isaac Newton en 1676. Ce dernier fit tomber un faisceau de lumière solaire sur un prisme de verre et observa que la lumière se décomposait en une bande multicolore reproduisant exactement la répartition de l'arc-en-ciel. Il essaya ensuite de décomposer, suivant le même principe, une partie de cette bande multicolore, sans succès. Chacune des couleurs de cette bande est donc indivisible et peut être considérée comme une couleur de base (fig.1.7).

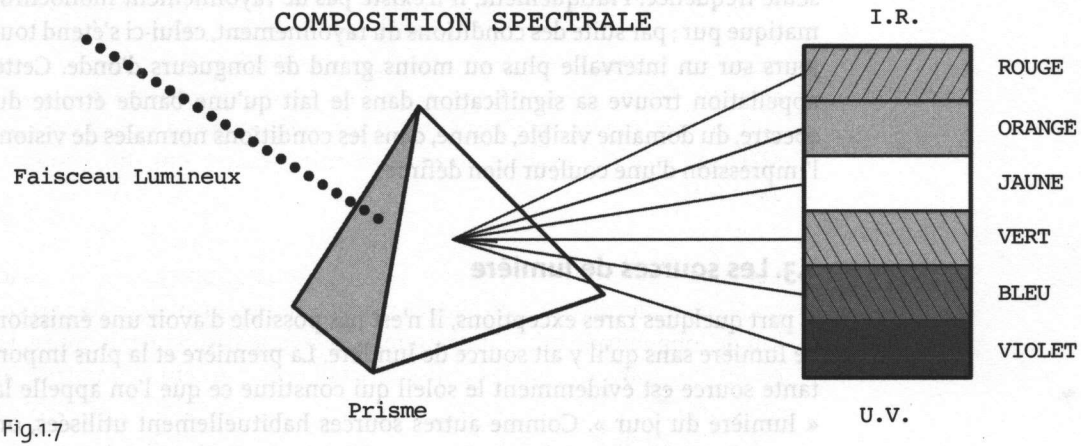


Fig.1.7

L'éventail des couleurs ainsi obtenues s'étend d'une manière continue, c'est-à-dire sans interruption, du rouge au violet en passant par l'orange, le jaune, le vert et le bleu. C'est ce que l'on appelle le spectre visible. Chaque couleur du spectre possède une longueur d'onde qui lui est propre :

- le rouge : 660-780
- l'orange : 610-660
- le jaune : 560-610
- le vert : 510-560
- le bleu : 440-510
- le violet : 380-440

Les radiations courtes, violet et bleu, s'étendent de 380 à 510 nanomètres et les radiations longues, orange et rouge, de 610 à 780 nanomètres.

Un rayonnement est dit « monochromatique » s'il est caractérisé par une seule fréquence. Pratiquement, il n'existe pas de rayonnement monochromatique pur ; par suite des conditions du rayonnement, celui-ci s'étend toujours sur un intervalle plus ou moins grand de longueurs d'onde. Cette appellation trouve sa signification dans le fait qu'une bande étroite du spectre, du domaine visible, donne, dans les conditions normales de vision, l'impression d'une couleur bien définie.

2.3. Les sources de lumière

A part quelques rares exceptions, il n'est pas possible d'avoir une émission de lumière sans qu'il y ait source de lumière. La première et la plus importante source est évidemment le soleil qui constitue ce que l'on appelle la « lumière du jour ». Comme autres sources habituellement utilisées, on trouve les différentes sortes de lampes telles que les lampes à incandescence, halogènes, à vapeur de mercure, etc., ainsi que les tubes fluorescents. Parmi toutes les sources de lumière ainsi disponibles, il convient de faire les distinctions suivantes :

- **Source primaire** : source qui émet elle-même sa lumière.

  Exemples : le soleil, une lampe, le feu, etc.

- **Source secondaire** : source qui se limite à renvoyer une partie de la lumière qu'elle reçoit.

  Exemples : la lune, le ciel bleu, une feuille de papier éclairée, etc.

- **Source ponctuelle** : source comparable à un point lumineux. Ce qui est le cas lorsque les dimensions de la source sont petites par rapport à la distance qui la sépare de l'observateur.

- **Source étendue** : toute source qui n'est pas ponctuelle. La différence entre les deux réside en outre dans l'ombre portée qu'elles projettent : la première a une ombre bien définie et dense avec des contours francs, tandis que la seconde a une ombre plus légère, suivie d'une pénombre dont les contours sont flous.

2.4. Spectre d'émission des sources lumineuses

En mesurant l'énergie des différentes radiations émises par une source lumineuse, en fonction de leur longueur d'onde, on obtient le « spectre d'émission » de la source concernée (fig.1.8). Celui-ci représente en quelque sorte la signature de la source lumineuse. Plus le spectre est varié, plus l'impression colorée est importante. Un spectre relativement plat représente une source blanche.

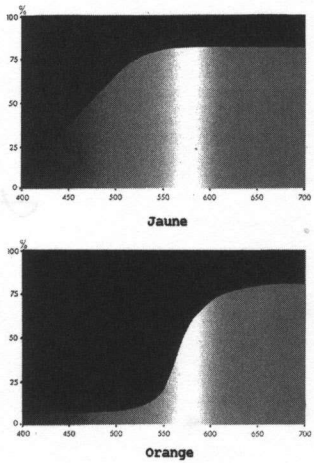


Fig.1.8 (Doc. J.Fillacier)

2.5. Température de couleur

Une autre caractéristique importante à prendre en compte au niveau des sources de lumière est la « température de couleur » qui sert à étalonner la lumière. Ainsi dans le cas de la lumière blanche, par exemple, on constate qu'elle n'a pas la même couleur à midi (couleur normale) qu'au coucher du soleil (couleur rougeâtre). De même en hiver, elle est plus jaune qu'en été. Ce type de lumière change donc suivant la saison, l'heure, la latitude, etc. Face à ces différentes variations, il était important de fixer un point de repère : c'est la température de couleur. Elle est exprimée en kelvins (K) et la valeur moyenne pour la lumière du jour a été fixée à 5000 K. Plus la température de couleur est réduite, plus elle approche du rouge, plus la température de couleur est élevée et plus elle approche du bleu. Ceci explique pourquoi le même vêtement rouge semble différent à l'extérieur que sous une lampe fluorescente à l'intérieur.

D'un point de vue scientifique, la température de couleur constitue une échelle de repérage des teintes. Elle indique la température à laquelle il faudrait chauffer le « corps noir » (corps (théorique) qui absorbe toutes les radiations qui l'atteignent quelles que soient leur longueur d'onde et leur direction) pour qu'il rayonne telle ou telle longueur d'onde principale. En pratique, on peut imaginer un corps noir comme un morceau de métal noir chauffé. D'abord il devient rouge sombre, ensuite il émet des radiations dans la zone rouge du spectre, puis il devient blanc, enfin bleu intense quand les radiations sont dans l'autre extrémité du spectre.

Les sources de lumière artificielles ont, pour des raisons pratiques, été ramenées à la même échelle Kelvin (fig.1.9). On a ainsi, par exemple :

- lampe à incandescence normale : 2500 K
- lampe halogène : 3400 K
- lumière du jour (en photographie) : 5500 K
- écran d'ordinateur : 6500 K
- télévision : 9000 K

D'un point de vue plus général, on a les températures suivantes :

▶ Flamme de bougie	1500 K
▶ Ampoule 60 watt	2800 K
▶ Lumière halogène	3200 K
▶ Lampe à arc (brut)	5000 K
▶ Soleil à l'aube et au crépuscule	5000 K – 5500 K
▶ HMI lumière du jour	5600 K
▶ Soleil de midi	5600 K – 5900 K
▶ Lumière du ciel entièrement couvert	6700 K – 7000 K
▶ Brouillard, forte brume	7500 K – 8500 K
▶ Lumière du ciel bleu	10000 K – 12000 K
▶ Lumière du ciel découvert au nord	15000 K – 27000 K

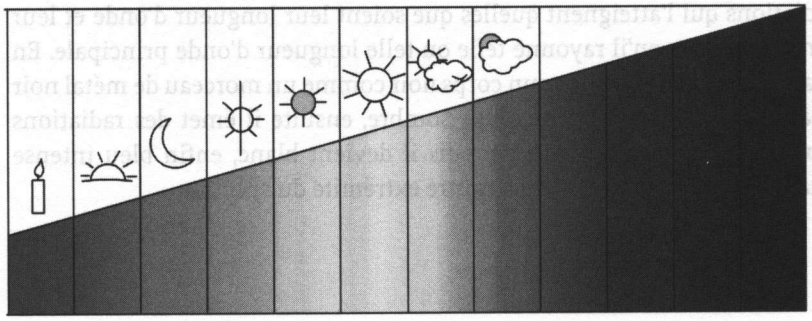


Fig.1.9

2.6. Interaction de la lumière et de la matière

Lorsque la lumière frappe la surface d'un objet, certaines couleurs peuvent se trouver absorbées ; dans ce cas, les seules couleurs que nous percevons sont celles que la surface réfléchit. Ainsi un objet nous apparaît vert (un arbre, par exemple) parce qu'il est capable de renvoyer les radiations vertes en absorbant les autres (fig.1.10).

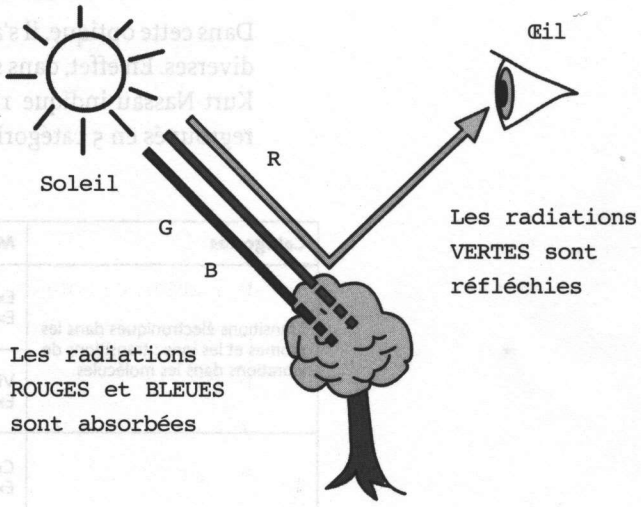


Fig.1.10

Si cette explication de la couleur d'un objet est correcte, on peut néanmoins difficilement s'en contenter. Il importe en effet de comprendre aussi comment la matière modifie la composition de la lumière qu'elle transmet ou qu'elle réfléchit.

Si la théorie ondulatoire interprète bien la propagation de l'énergie rayonnante et de la lumière en particulier, elle est insuffisante pour expliquer correctement l'interaction de la lumière et de la matière. Cette problématique a été au centre des préoccupations de la physique du XXe siècle, et il n'est donc pas surprenant que l'explication de la couleur fasse appel à plusieurs théories fondamentales de la physique. Dans cette optique, le développement de la théorie corpusculaire du rayonnement par le physicien Planck en 1905 constitue un apport important à l'explication du phénomène en question.

Selon ce dernier, la lumière est constituée d'une multitude de particules, ou grains d'énergie, appelées photons. Les différents objets qui meublent notre environnement effectuent un tri parmi les photons lumineux qui les atteignent. Certains de ces photons seront absorbés par chacun de ces objets, les autres seront réfléchis vers l'œil de l'observateur. Ainsi par exemple, la chlorophylle d'une feuille s'empare des photons des ondes lumineuses de la gamme des rouges et renvoie ceux des ondes lumineuses de la gamme des verts ; ces photons renvoyés donnent à la feuille sa couleur verte. Les pro-

priétés de la lumière en tant que source de couleur dépendent ainsi de son double comportement de phénomène ondulatoire et d'ensemble de particules matérielles (photons).

Dans cette optique, il s'avère que les causes premières de la couleur sont très diverses. En effet, dans son ouvrage « The Physics and Chemistry of Color », Kurt Nassau indique 14 processus différents de colorations de la matière regroupés en 5 catégories différentes (voir tableau ci-après).

Catégories	**Mécanisme**
Transitions électroniques dans les atomes et les ions ; transitions de vibrations dans les molécules.	Excitations électroniques. Exemples : incandescence, flammes, éclairs, etc.
	Vibrations. Exemples : teinte vert bleu de l'eau pure et de la glace.
Couleurs dues au champ cristallin	Composés de métaux de transition. Exemples : turquoise, nombreux pigments, certains luminophores, etc.
	Centres colorés. Exemples : améthyste, quartz enfumé, verre d'améthyste du désert, etc.
	Impuretés de métaux de transition. Exemples : rubis, émeraude, grès rouge, etc.
Transitions entre orbitales moléculaires	Transfert de charge. Exemples : saphir bleu, magnétite.
	Liaisons conjuguées. Exemples : colorants organiques, pigments biologiques, lucioles, etc.
Transitions dans les matériaux ayant des bandes d'énergie	Conducteurs métalliques. Exemples : cuivre, argent, or, fer, etc.
	Semi-conducteurs purs. Exemples : silicium, cinabre, diamant.
	Semi-conducteurs dopés. Exemples : diamant bleu, diamant jaune, etc.

Optique géométrique et physique	Réfraction dispersive. Exemples : l'arc-en-ciel, les « feux » de gemmes, etc.
	Diffusion. Exemples : bleu du ciel, rouge des couchers de soleil, pierre de lune, etc.
	Interférences. Exemples : film d'huile sur l'eau, couleurs de certains insectes, etc.
	Réseau de diffraction. Exemples : opales, cristaux liquides, couleurs de certains insectes, etc.

La plupart des mécanismes ainsi décrits ont pour cause première une modification de l'état des électrons dans la matière, sous l'action de la lumière.

L'objectif premier de ce livre n'étant pas de réaliser un ouvrage scientifique sur la physique des couleurs, nous nous limiterons ci-après à l'explication de quelques phénomènes familiers principalement issus de la 5e catégorie des causes de la couleur.

2.7. Couleur et optique géométrique

Dans cette catégorie de phénomènes produisant des couleurs, les interactions de la lumière avec la matière modifient la direction de la lumière. Ce changement de direction est la cause première de la couleur produite lors de la réfraction et de la diffraction.

D'une manière générale, l'interaction de la lumière avec la matière condensée comprend les effets suivants : réflexion, réfraction, diffusion et absorption (fig.1.11).

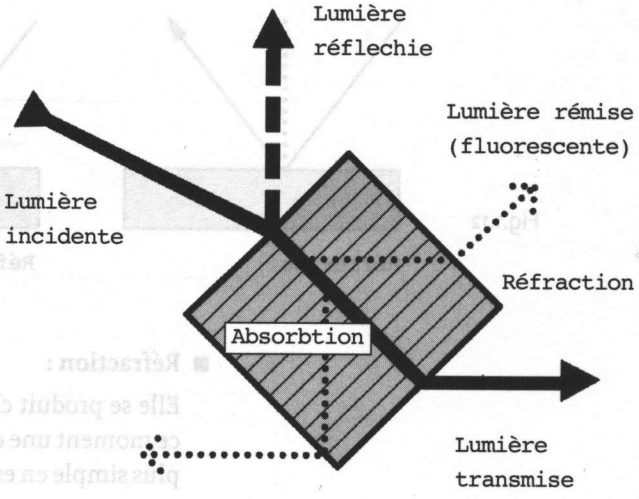


Fig.1.11

■ **Réflexion :**

Elle se produit lorsque la lumière rencontre une surface polie et brillante. Dans ce cas, elle est renvoyée dans le même plan et dans le même milieu optique (en général l'air) que la lumière d'origine. Nous avons, ainsi, le rayon incident I, le rayon réfléchi R et la normale N, dans un même plan, appelé plan d'incidence.

La réflexion peut être **spéculaire**, dans ce cas la lumière est renvoyée dans une direction précise (cas des surfaces brillantes comme les miroirs ou les surfaces métalliques), ou **diffuse**, dans ce cas la lumière est réfléchie uniformément dans toutes les directions (cas des surfaces mates) (fig.1.12).

La réflexion spéculaire ne donne aucune information sur la couleur de l'objet, sa répartition spectrale est en effet rigoureusement identique à celle du faisceau incident. Par contre, la réflexion diffuse qui provient des couches internes de l'objet contient l'information de la couleur de celui-ci. La composition spectrale du rayonnement diffusé par l'objet est alors différente de celle du rayonnement incident.

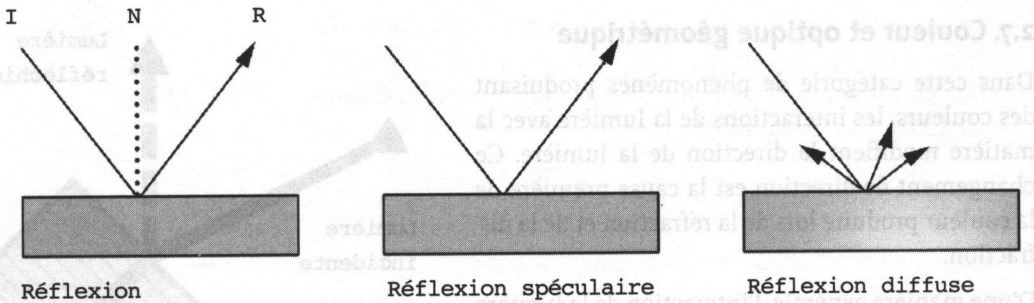


Fig.1.12

■ **Réfraction :**

Elle se produit chaque fois que la lumière change de milieu. Elle subit à ce moment une déviation de sa direction originale (fig.1.13). L'exemple le plus simple en est la déformation d'un bâton plongé dans l'eau. La lumière ne se comporte pas de la même manière suivant le milieu dans lequel

elle se propage. Cette caractéristique dépend en fait de l'**indice de réfraction** du milieu traversé (air = 1, eau = 1.33). Celui-ci se calcule par le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et celle du milieu considéré.

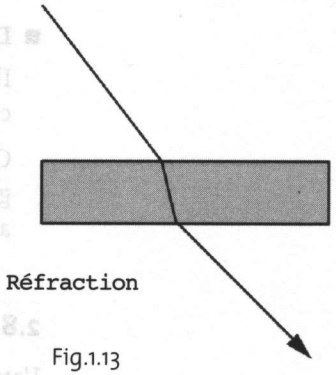


Fig.1.13

- **Diffusion :**

  Il s'agit de la dispersion de la lumière dans toutes les directions, provoquée par la rencontre de celle-ci avec les différents petits obstacles (poussière, vapeur d'eau, fumée, etc.) présents sur son parcours (fig.1.14). L'exemple le plus caractéristique est le bleu du ciel ou le rouge du coucher de soleil (voir aussi la diffraction).

- **Absorption :**

  Ce phénomène se manifeste lorsque la lumière est absorbée par la matière qui la transforme en chaleur ou en réactions physico-chimiques.

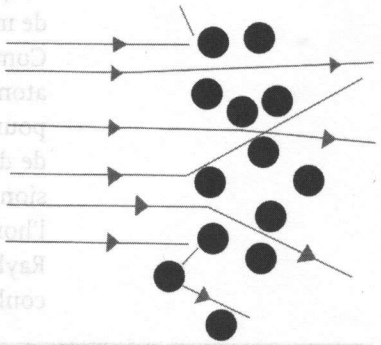


Fig.1.14

- **Transmission :**

  La transmission peut être régulière, ce qui se produit lorsqu'un faisceau lumineux de rayons parallèles pénètre dans un matériau et en émerge de l'autre côté comme tel (matériau transparent) ; ou diffuse lorsque le faisceau lumineux est diffusé dans le matériau (matériau translucide).

- **Diffraction :**

  Il s'agit de la déviation ou de l'étalement de la lumière provoqué par le bord d'un objet opaque (fig.1.15). Cet effet devient important lorsque les dimensions de l'objet sont comparables à la longueur d'onde de la lumière. La coloration bleue du ciel est due au phénomène de diffraction lors de la diffusion de la lumière par les multiples petites particules qu'elle rencontre sur son chemin (voir point 2.8).

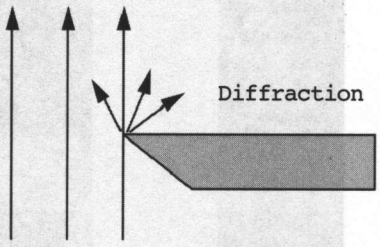


Fig.1.15

■ **Dispersion :**

Il s'agit de la séparation des rayons lumineux en leurs longueurs d'onde constituantes.

C'est en effet la dispersion de la lumière solaire par réfraction sur des gouttelettes d'eau ou des cristaux de glace qui donne les couleurs aux arcs-en-ciel.

2.8. Quelques phénomènes de couleur

L'atmosphère terrestre est composée principalement de molécules diatomiques d'azote (N_2), qui constituent 78% de l'air sec que nous respirons, et de molécules diatomiques d'oxygène (O_2), qui constituent 21% de l'air sec. Comme leur nom l'indique, ces molécules se composent chacune de deux atomes dont l'entre-distance n'est pas fixe. Cette variation de position a pour effet de faire vibrer la molécule. Cette vibration a à son tour pour effet de diffuser la lumière qui traverse l'atmosphère. Ce phénomène de diffusion dans toutes les directions porte le nom de « diffusion Rayleigh », en l'honneur du mathématicien et physicien anglais John William Strutt Rayleigh (1842-1919). Sa théorie lui a permis en particulier d'expliquer la couleur bleue de la lumière du ciel et sa polarisation.

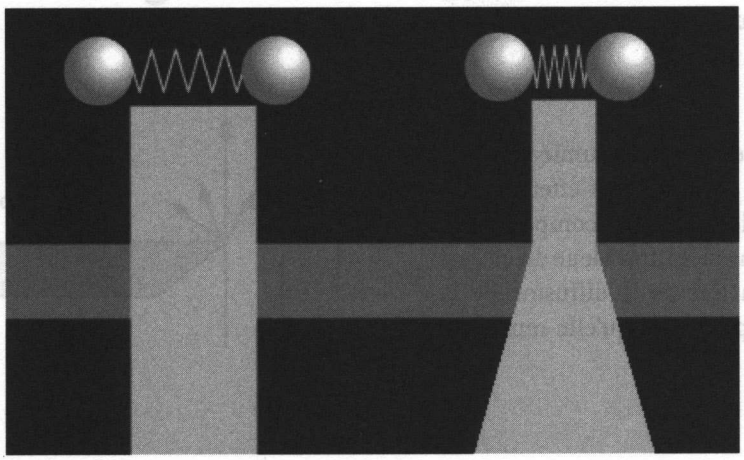


Fig.1.16

Les différentes longueurs d'ondes de la lumière ne sont pas affectées de la même manière par ce phénomène de diffusion. Les longueurs d'ondes plus courtes – comme le bleu (0,4 μm) – sont plus facilement diffusées que les autres couleurs – comme le jaune (0,6 μm) ou le rouge (0,8 μm). Par conséquent, le ciel nous paraît bleu (fig.1.16).

Lorsque le soleil brille au zénith, le ciel nous paraît d'un bleu plus ou moins intense et le soleil jaune. Cela provient du fait que le trajet de la lumière solaire est relativement court et que la diffusion de la lumière blanche se limite principalement à la couleur bleue (fig.1.17).

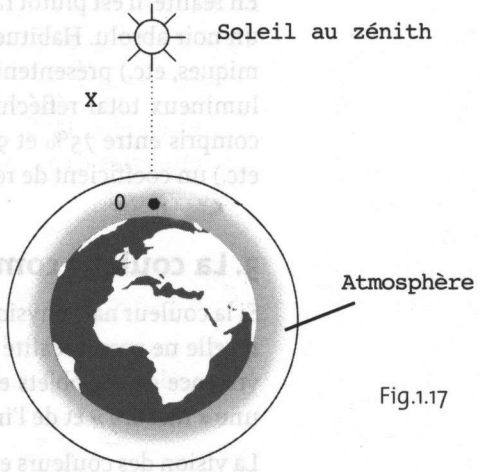


Fig.1.17

Par contre, lorsque le soleil se couche, il se trouve bas sur l'horizon. Ses rayons parcourent dans ce cas un trajet plus long à travers l'atmosphère (OY>OX). La diffusion de lumière est plus importante dans ce cas car les radiations lumineuses rencontrent d'avantage de molécules. La diffusion s'étend alors également aux radiations vertes et en partie jaunes. Le ciel prend alors une teinte rosée et le soleil apparaît comme un disque de couleur rouge orangé (fig.1.18).

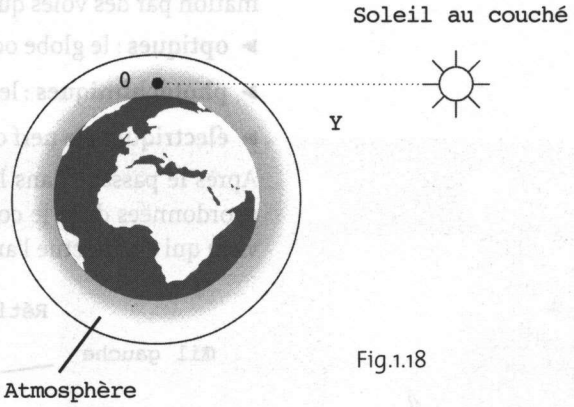


Fig.1.18

2.9. Couleur des objets

Un objet transparent est dit « incolore » quand il transmet de manière égale toutes les radiations visibles. Un corps diffusant est dit parfaitement « blanc » lorsqu'il diffuse de manière égale dans toutes les directions et sans absorption, toutes les radiations visibles qu'il reçoit. Un corps est parfaitement « noir » lorsqu'il absorbe intégralement toutes les radiations qu'il reçoit. Les corps parfaitement « gris » ou « neutres » sont ceux qui diffusent ou qui transmettent également, mais partiellement, les diverses radiations visibles qu'ils reçoivent. Enfin, tout corps qui n'est pas blanc, gris ou noir est dit « coloré ».

En réalité, il est plutôt rare de trouver des matériaux présentant un blanc ou un noir absolu. Habituellement les blancs usuels (peintures, papiers, céramiques, etc.) présentent des coefficients de réflexion (rapport entre le flux lumineux total réfléchi par cet objet et le flux lumineux total incident) compris entre 75% et 92% et les noirs usuels (textiles, papiers, peintures, etc.) un coefficient de réflexion compris entre 3% et 5%.

3. La couleur comme phénomène physiologique

Si la couleur naît physiquement de l'interaction de la lumière et de la matière, elle ne prend réalité que lors de l'enregistrement des radiations, en provenance de ces objets et des sources lumineuses, par l'œil qui en effectue une « mesure » et de l'interprétation par le cerveau de cette mesure.

La vision des couleurs est un phénomène complexe qui ne se manifeste pas principalement au niveau de l'œil mais bien au niveau du cerveau. L'œil n'est en effet qu'un maillon d'un ensemble, aux multiples composantes, qui sert au transfert de l'image captée jusqu'au cerveau. Celui-ci reçoit l'information par des voies qui sont successivement :

- **optiques** : le globe oculaire.
- **photochimiques** : les cônes et les bâtonnets.
- **électriques** : le nerf optique.

Après le passage dans le nerf optique, les informations sont contrôlées et coordonnées dans le corps genouillé avant d'être transmises jusqu'au cerveau qui en effectue l'analyse (fig.1.19).

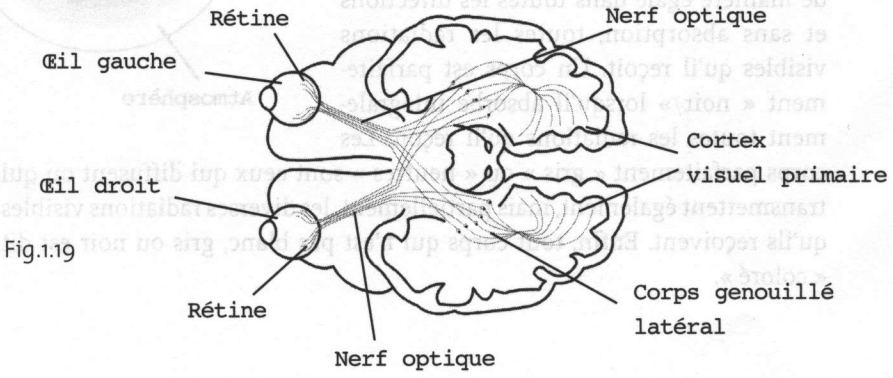


Fig.1.19

3.1. L'œil comme récepteur visuel

De forme approximativement sphérique, l'œil est l'organe de base de la vision et comporte un ensemble d'éléments destinés à :

- recevoir le rayonnement incident.
- former l'image des objets perçus.
- traiter l'information recueillie.

Une coupe schématique (horizontale) de l'œil (fig.1.20) nous permet d'en considérer les principales composantes. Pris dans l'ordre de pénétration de la lumière, nous avons :

- **La cornée :**

  Il s'agit d'une membrane transparente et résistante située sur la face avant de l'œil. Son rôle est de protéger le globe oculaire sur sa face avant. Etant exempte de vaisseaux sanguins, son hydratation ainsi que son oxygénation sont assurées par les glandes lacrymales situées sur le côté de l'œil.

- **L'humeur aqueuse :**

  Il s'agit d'un liquide de protection situé entre la cornée et le cristallin.

- **L'iris :**

  Il s'agit d'une membrane colorée située derrière la cornée et devant le cristallin et percée d'un orifice, la pupille. L'iris fonctionne comme un diaphragme pour doser la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil.

- **Le cristallin :**

  Il s'agit d'un élément transparent et élastique, en forme de lentille biconvexe, situé en arrière de la pupille et suspendu aux muscles ciliaires (en anneau autour du cristallin) par des filaments (la zonule de Zinn). Le cristallin fonctionne comme une lentille à focale variable. La variation de la courbure de ses faces avant et arrière permet de changer la mise au point.

► **Le corps vitré :**

Il s'agit d'un liquide continuellement sécrété et absorbé permettant la régulation de la pression intraoculaire, qui est supérieure à la pression atmosphérique, afin d'assurer la structure autonome de l'œil.

► **La rétine :**

Il s'agit de la membrane sensible de l'œil, située à l'intérieur de la choroïde. C'est sur elle que se dessinent les images provenant de l'extérieur. Elle est reliée au cerveau par le nerf optique. Elle contient deux types de cellules photosensibles : les cônes et les bâtonnets.

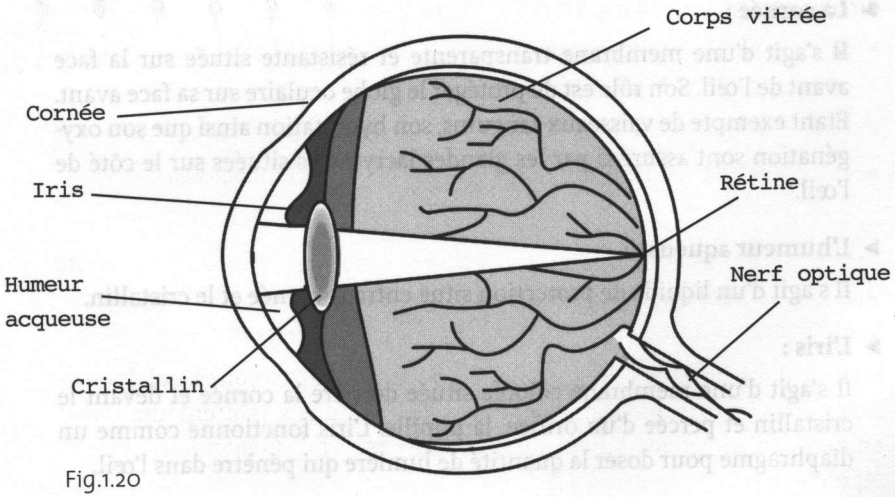


Fig.1.20

Pour qu'une image soit nette, les rayons lumineux doivent être déviés vers le centre de la rétine. Plus l'objet que l'on regarde est proche de l'œil, plus les rayons lumineux doivent être déviés. La cornée, l'humeur aqueuse et le corps vitré ont chacun un indice de réfraction (capacité à dévier la lumière) fixe, tandis que le cristallin accommode. La déviation des rayons lumineux varie en fonction de la courbure de ses faces avant et arrière, de sorte que l'œil est capable de changer la mise au point. Parmi ces parties anatomiques

de l'œil, la plus importante pour la vision, et en particulier pour la couleur, est la rétine.

3.2. Structure de la rétine

La rétine, fine couche de tissu nerveux située au fond de l'œil, est constituée d'une structure complexe de cellules nerveuses (ou neurones) organisée en cinq couches principales. Parmi celles-ci, trois couches constituent une ligne directe vers le cerveau (fig.1.21) :

- la couche des cellules photoréceptrices (les cônes et les bâtonnets) ;
- la couche des cellules bipolaires ;
- la couche des cellules ganglionnaires.

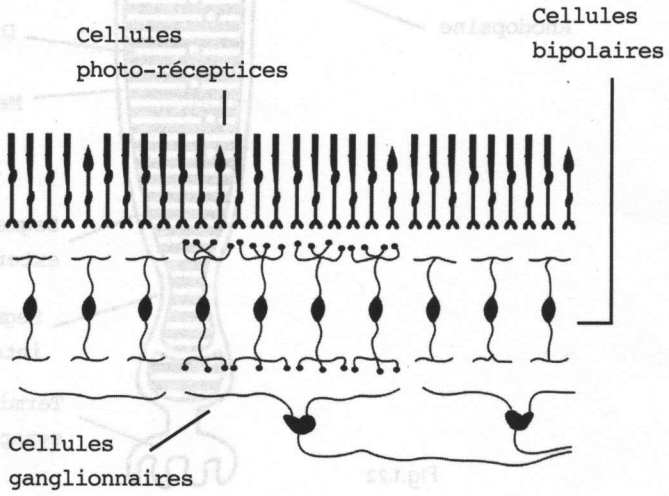


Fig.1.21

Les cellules photoréceptrices, composantes fondamentales pour la vision, sont des capteurs très perfectionnés et extrêmement sensibles qui absorbent l'énergie lumineuse et déclenchent les signaux nerveux.

Il existe deux types de telles cellules, les **bâtonnets** et les **cônes**, qui doivent leur nom à leurs formes caractéristiques. Les bâtonnets assurent une vision en noir et blanc quand l'intensité lumineuse est faible (vision nocturne), et les cônes permettent de voir les couleurs quand la lumière est plus vive. La rétine contient environ trois millions de cônes et cent millions de bâtonnets.

Les cônes et les bâtonnets sont pourvus au niveau supérieur du « segment externe » qui absorbe la lumière et produit le signal électrique, et au niveau inférieur d'une « terminaison synaptique » qui transmet les signaux aux autres couches de la rétine (fig.1.22).

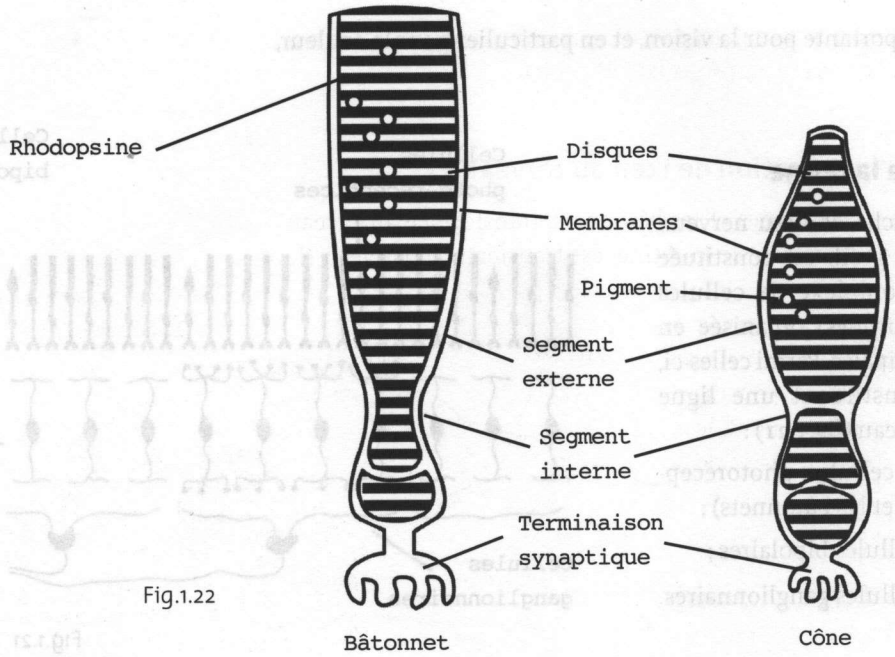


Fig.1.22

Les segments externes contiennent tous les deux une membrane photosensible garnie de pigments, qui sont les molécules capables d'absorber la lumière. Les bâtonnets contiennent un pigment rouge, la « rhodopsine », qui blanchit à la lumière du jour. Ce qui explique leur insensibilité la journée. Quant aux cônes, la rétine humaine en possède trois types différents, contenant chacun un pigment dont le maximum d'absorption se situe dans les faibles (le bleu), les moyennes (le vert) ou les grandes longueurs d'ondes (le rouge) du spectre visible. C'est là la **base de la vision des couleurs** et **son aspect trichromatique.**

Ces différentes données sont ensuite transmises directement par les cellules bipolaires aux cellules ganglionnaires, qui transforment l'information reçue avant de l'injecter sous forme d'impulsions électriques dans le nerf optique. La transformation effectuée dans cette dernière couche de cellules modifie le caractère trichrome (Rouge-Vert-Bleu) de l'information en un système composé de trois couples de données opposées : rouge-vert, bleu-

jaune, noir-blanc. Il est à remarquer que ce codage du système visuel ressemble étrangement à celui utilisé dans les TV couleur.

3.3. Transfert de l'information de l'œil au cerveau

L'information reçue par les cônes et les bâtonnets, transformée au niveau des autres couches de neurones de la rétine, est transférée au cerveau (le cortex) par le canal du nerf optique. Sur le chemin entre l'œil et le cortex se trouve le « corps genouillé latéral ». Il s'agit d'un relais très important pour la vision des couleurs dont le rôle est d'une part d'accentuer et de préciser la répartition des signaux réalisée au niveau des cellules ganglionnaires et d'autre part d'établir par ses cellules les liaisons avec les fibres allant au cortex cérébral, et plus précisément au cortex visuel primaire (fig.1.23). Celui-ci effectue une première analyse de l'information reçue et communique certains messages à d'autres régions du cerveau qui les interprètent et contrôlent notre comportement.

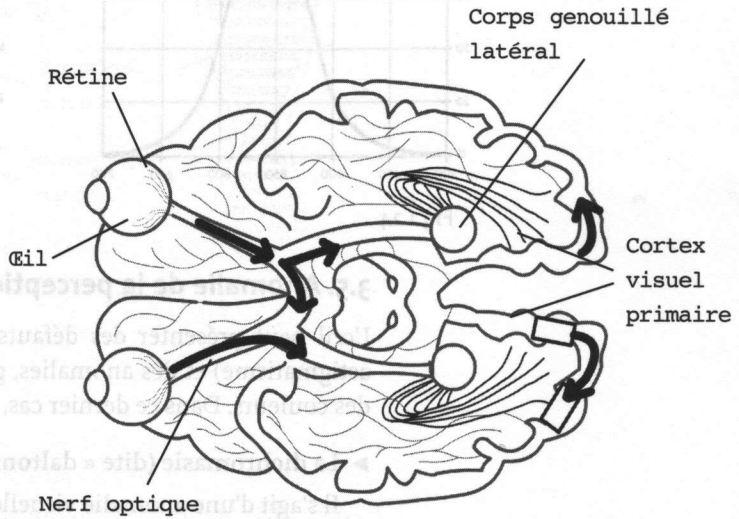


Fig.1.23

3.4. Perception visuelle

L'œil humain ne présente pas la même sensibilité pour toutes les longueurs d'onde. Une étude statistique réalisée par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) a permis de déterminer la sensibilité spectrale moyenne de l'œil humain. La courbe obtenue, appelée « courbe de visibilité » (fig.1.24), montre un maximum de sensibilité de l'œil pour une longueur d'onde de 555 nm, ce qui correspond à la couleur verte. Cette courbe valable en lumiè-

re de jour (vision photopique) se déplace vers les courtes longueurs d'onde dans le cas d'un éclairage crépusculaire (vision scotopique), le maximum se situe dans ce cas à 506 nm qui correspond au bleu vert (fig.1.25). Ce phénomène porte le nom d' « effet Purkinje ».

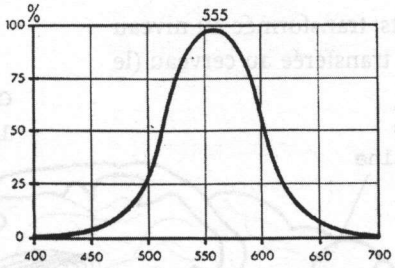


Fig.1.24

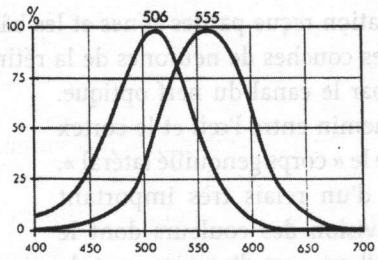


Fig.1.25

3.5. Anomalie de la perception

L'œil peut présenter des défauts de réfraction (myopie, hypermétropie, astigmatisme) et des anomalies, généralement héréditaires, dans la vision des couleurs. Dans ce dernier cas, on rencontre les phénomènes suivants :

► **La dichromasie (dite « daltonisme ») :**

Il s'agit d'une anomalie visuelle qui se caractérise par l'incapacité de distinguer certaines couleurs. En fonction de la nature des couleurs auxquelles le sujet est insensible, on distingue les « protanopes » qui sont insensibles au rouge, les « deutéranopes » qui sont insensibles au vert et les « tritanopes » qui sont insensibles au bleu.

► **L'achromatopsie :**

Il s'agit d'une anomalie visuelle qui se caractérise par une cécité totale aux couleurs. Le sujet perçoit son environnement en noir et blanc avec les niveaux de gris. Cette anomalie provient d'un dysfonctionnement des cônes.

4. La couleur comme phénomène psychologique

Outre son aspect physique et physiologique, la couleur revêt également une dimension psychologique. Celle-ci intervient autant au niveau de la perception des couleurs par chaque individu (voir chapitre 2), qu'au niveau du rôle psychique de la couleur sur ce dernier. Dans cette optique, il est bien reconnu que les couleurs peuvent jouer un rôle considérable dans la vie de chacun de nous. Elles nous entourent et agissent sur notre esprit, notre état d'âme et même notre santé. Le langage courant emprunte ainsi aux couleurs de nombreuses images : voir la vie en rose... ou en noir, rire jaune, voir rouge, broyer du noir, etc. Chacune de nos sensations (joie, plaisir, tristesse, déception, colère, etc.) a pour ainsi dire sa couleur.

Lorsqu'on aborde les effets psychologiques des couleurs, il importe de savoir que toutes les sociétés n'ont pas la même perception de ces effets sur les émotions. Ce que nous tenons pour une observation « objective » à propos d'une couleur n'est parfois que le reflet de notre appartenance à un groupe culturel qui attribue des propriétés à cette couleur depuis nombre de générations.

Pourquoi n'est-il pas possible de tenir des propos vraiment objectifs dans ce domaine ? En partie parce qu'il est très difficile de séparer la psychologie de la symbolique. Les aspects symboliques sont définitivement culturels mais, souvent à notre insu, ils influencent notre perception et nos émotions face aux couleurs.

D'une manière générale et simplifiée, nous pouvons retenir ci-après les caractères marquants de chacune des couleurs :

- **Le Rouge :**

  Couleur de la force, de l'enthousiasme et de la joie de vivre, c'est une couleur chaude et saillante par excellence. Le rouge est excitant, aphrodisiaque et peut inciter à la violence. Il peut aussi signifier le danger et l'interdit. Délicat à manier, il convient pour aménager un cadre que l'on souhaite chaud et accueillant.

► **L'Orange :**

Couleur chaude, intime et accueillante, l'orange est doté d'un pouvoir stimulant. Il associe la gaieté du jaune et l'action du rouge. Il évoque le feu, le soleil, la lumière, la chaleur, etc.

► **Le Jaune :**

Couleur du soleil et de l'or, son caractère lumineux l'apparente à l'intelligence et à la sagesse. Couleur de la gaieté, de la jeunesse, le jaune crée une ambiance tonique qui revitalise et constitue un véritable remède contre la tristesse.

► **Le Vert :**

Couleur de l'apaisement, il contribue à créer les conditions de détente et de repos. Couleur du printemps et de la jeunesse, le vert est associé à toute idée de renouvellement. Au niveau santé, le vert semble aider à équilibrer certaines fonctions physiologiques, notamment, celles du cœur, des poumons et du système circulatoire. Selon certaines études, il favorise aussi une respiration lente et profonde.

► **Le Bleu :**

Couleur reposante mais froide, il donne une impression de calme et de fraîcheur. Il évoque le ciel, la mer et l'espace. Il crée une ambiance propice à la détente et au développement de la vie spirituelle. Dans la thérapie par la couleur, on utilise le bleu pour activer la guérison, soulager la douleur et même abaisser la pression artérielle.

► **Le Violet :**

Couleur de la rêverie, de l'utopie, du mysticisme. Comme le bleu il exprime la spiritualité mais avec une nuance de mélancolie. Il peut être nocif à forte dose dans notre environnement.

► **Le Blanc et le Noir :**

Couleur de la mort et du désespoir, le noir caractérise l'absence de couleur. A l'opposé, le blanc, synthèse des couleurs, symbolise la lumière, la pureté, la sagesse et la connaissance.

L'effet psychologique des couleurs intervient également au niveau d'une série de domaines, qui touchent notre vie quotidienne. Nous avons ainsi, par exemple, au niveau de la décoration de notre cadre de vie, le rouge, l'orange et le jaune qui rapetissent l'espace. Par contre le bleu, le vert et le violet l'agrandissent. Quant à l'influence sur notre santé : le jaune augmente la tonicité neuromusculaire, favorise la génération des leucocytes (globules blancs). Le vert calme et donne une sensation de bien-être, il combat les troubles vésiculaires. Le bleu a un effet sédatif et anesthésique. Il régénère également le système nerveux.

Le symbolisme des couleurs ne doit également pas être oublié. En effet, de tout temps l'homme a associé celles-ci à des concepts, des signes ou encore à des sentiments.

Ainsi à l'époque préhistorique, le rouge était utilisé dans les rites funéraires. Dans l'ancienne Grèce et à Rome, les empereurs se réservaient l'usage du pourpre, symbole de leur pouvoir. Vers 1200, le pape Innocent III rendit officielles pour le monde chrétien, les cinq couleurs liturgiques : blanc, rouge, vert, violet et noir. Plus près de nous, le bleu et le pourpre sont des couleurs de « la droite » politique, et le rouge la couleur de « gauche ». Le rouge est la couleur de l'interdiction et du danger (feux rouges, pompiers, etc.). Le vert est la couleur de la permission (feu vert, baignade autorisée, etc.). Le jaune est la couleur du « leader » (tour de France cycliste). Les exemples sont multiples et pourraient facilement remplir quelques ouvrages spécialisés.

CHAPITRE 2
PERCEPTION ET MESURE DES COULEURS

1. La perception des couleurs

La perception des couleurs concerne principalement les sensations colorées qui résultent des stimuli (messages) transmis par l'œil au cerveau (et à la conscience). Pour juger de l'apparence des couleurs on ne considère donc pas, en général, leur origine physique, mais leurs effets visuels qui dépendent dans une mesure importante des conditions d'observation.

1.1. Influence du cadre environnant

L'apparence des couleurs est considérablement influencée par les caractéristiques du cadre environnant l'objet ou la scène observés. Ainsi, un paysage, par exemple, change constamment d'aspect en fonction de l'heure du jour (hauteur du soleil) et de l'état de l'atmosphère (phénomène de diffusion). De même, l'aspect d'un objet éclairé en lumière artificielle peut être très différent selon la nature de la source. Ainsi un objet bleu éclairé avec une lumière orangée paraîtra noir, parce que l'orange ne contient aucun rayon bleu susceptible d'être réfléchi. Il n'est ainsi pas toujours très prudent de choisir une robe ou une cravate à la lueur de la lumière du magasin.

D'une manière générale, l'apparence des couleurs dépend :

- de la couleur de l'objet ;
- de la couleur de l'éclairage ;
- de la quantité de lumière.
- de la couleur des objets environnants (effet de contraste).

Il arrive également que certaines couleurs ont des apparences identiques dans des conditions d'observation déterminées, tout en ayant des origines

physiques différentes : ce sont les couleurs métamères. Cette particularité peut être source de gros déboires, tant dans la vie privée (habillement, décoration, etc.) que dans la création de produits industriels (carrosserie automobile, etc.).

1.2. Le rendu des couleurs

Les couleurs que nous percevons dépendent entre autres de la composition de la lumière. L'aptitude de la lumière à restituer les couleurs s'appelle le « rendu des couleurs ».

D'une manière plus précise, le rendu des couleurs est une expression générale qui désigne l'effet d'une source de lumière sur l'aspect coloré des objets qu'elle éclaire, cet aspect étant comparé consciemment ou non à celui des mêmes objets éclairés par une source de référence.

Pendant de nombreux siècles, on s'est accoutumé à voir les personnes et les objets avec un « aspect de jour » donné par les rayonnements conjoints du soleil et du ciel, et avec un « aspect de nuit » produit par le rayonnement de sources dont l'émission était limitée aux radiations des couleurs orangé et rouge. Avec l'apparition des sources de lumières modernes, on assiste à des rendus de couleurs très différents. Ces lumières sont ainsi capables de conférer aux objets « des aspects » très variés. Pour évaluer ces effets, la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) a normalisé une méthode qui permet de qualifier une source de lumière par un « indice de rendu des couleurs » (I.R.C. ou Ra). L'indice maximum (IRC = 100) correspond à une lumière blanche avec un spectre complet et continu de longueurs d'onde qui restitue donc toutes les nuances de couleur.

Celui-ci se calcule par rapport à une lumière de référence et avec l'aide d'échantillons-tests. Lorsqu'il n'y a pas de distorsion de couleur des échantillons-tests vus sous la lumière de référence ou sous la lampe à caractériser, on donne à l'indice de rendu des couleurs de celle-ci la valeur de 100. Si pour les bureaux, par exemple, une valeur comprise entre 60 et 70 est acceptable, pour l'industrie textile et les imprimeries il est largement recommandé d'avoir une valeur comprise entre 90 et 100.

1.3. Synthèse additive et soustractive des couleurs

Il existe deux méthodes fondamentales permettant la création de couleurs :

- La synthèse additive :
  Cette méthode part de quelques lumières de couleurs différentes et, par addition, produit une lumière d'une autre couleur. En général, on utilise dans ce cas trois faisceaux lumineux de couleur rouge, verte et bleue, chacune fournissant un tiers de la gamme des longueurs d'onde du spectre de la lumière. A condition d'adopter des proportions variées, on peut à partir de ces trois lumières obtenir pratiquement toutes les couleurs. Par ailleurs, la somme de ces trois couleurs de base (à intensité égale) donne du blanc (fig.2.1). Ce principe de synthèse additive est utilisé pour la reconstitution des images couleur en télévision ou sur un écran d'ordinateur.

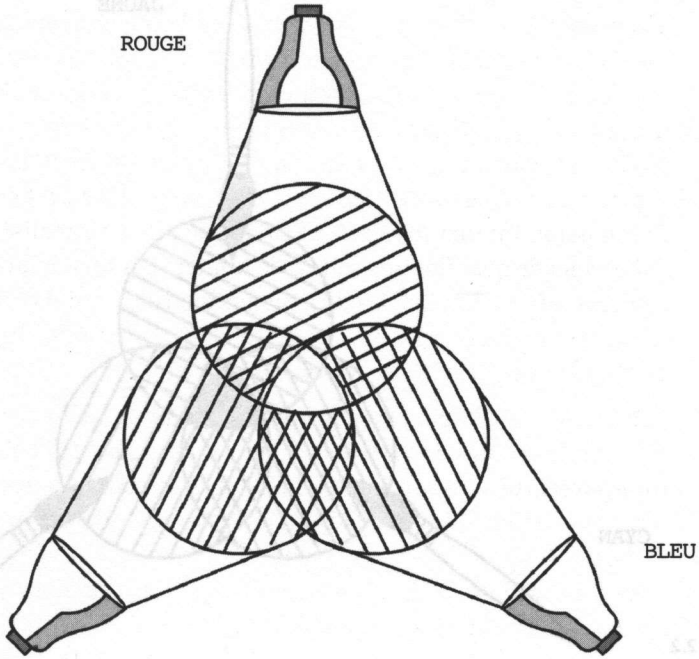


Fig.2.1

► La synthèse soustractive :

Cette méthode part de la lumière blanche, qui contient toutes les couleurs et, par suppression de certaines couleurs, permet d'obtenir la couleur désirée. Dans cette méthode, les couleurs de base sont en réalité des pigments, ou colorants, qui absorbent les ondes rouges, vertes ou bleues, en les soustrayant au mélange composant la lumière blanche. Les couleurs de ces colorants sont respectivement le cyan, le magenta et le jaune, qui sont d'ailleurs les couleurs complémentaires des trois couleurs de base de la synthèse additive. Lorsque les trois couleurs sont présentes à 100%, leur mélange donne du noir. Ce qui signifie que toutes les couleurs de la lumière blanche sont absorbées (fig.2.2). Ce principe de synthèse soustractive est utilisé par exemple dans l'imprimerie offset et dans l'impression sur imprimante.

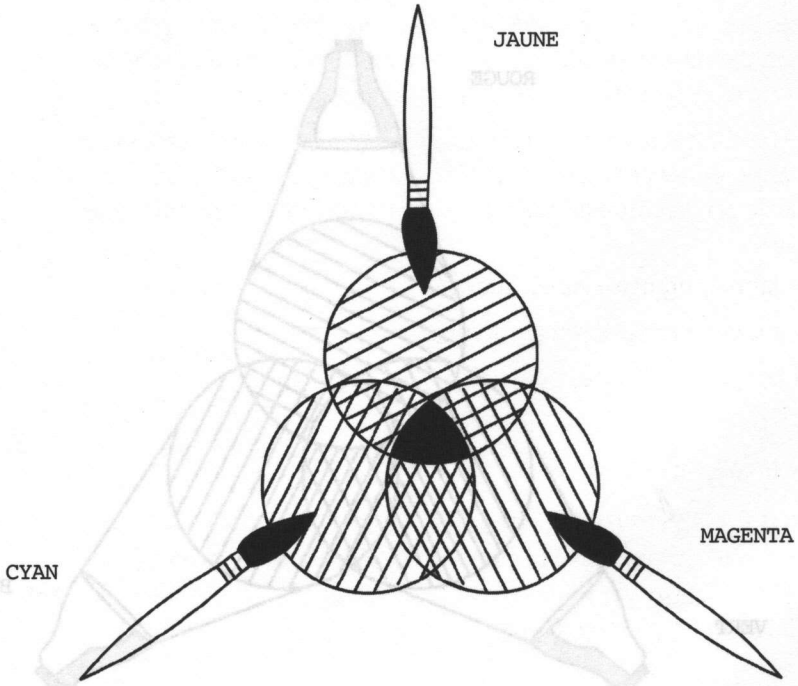


Fig.2.2

1.4. Couleurs primaires, secondaires et complémentaires

Les **couleurs primaires** sont celles qui ne peuvent pas être obtenues par le mélange d'autres couleurs. Elles sont au nombre de trois : le jaune, le bleu et le rouge.

Les **couleurs secondaires** sont obtenues à l'aide du mélange égal des couleurs primaires entre elles :

- vert = jaune + bleu.
- violet = bleu + rouge.
- orange = rouge + jaune.

Les couleurs primaires et secondaires forment la base des couleurs vives, ou couleurs pures.

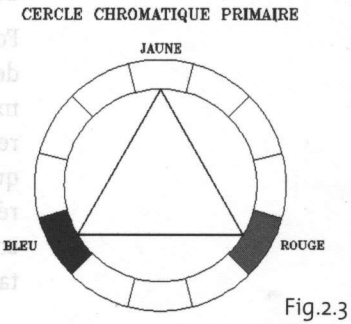


Fig.2.3

Le **cercle chromatique** de base est un cercle divisé en douze parties à partir des trois couleurs primaires (jaune, rouge et bleu) placées aux sommets d'un triangle équilatéral inscrit au cercle (fig.2.3). En complétant ce triangle par un hexagone, on obtient, aux sommets restants, les couleurs secondaires (orange, violet, vert) (fig.2.4).

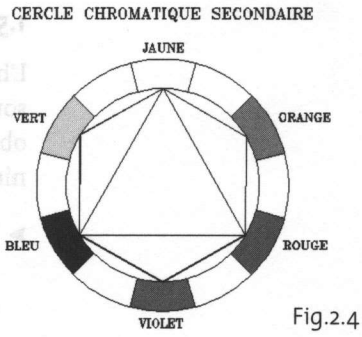


Fig.2.4

Les six places restantes du cercle sont occupées par les **couleurs tertiaires**. Celles-ci sont obtenues par le mélange des couleurs voisines sur le cercle chromatique. Les couleurs suivantes sont ainsi obtenues :

- jaune + orange = jaune - orangé.
- orange + rouge = rouge - orange.
- rouge + violet = rouge - violet.
- violet + bleu = bleu - violet.
- bleu + vert = bleu - vert.
- vert + jaune = jaune - vert.

Le cercle chromatique de base au complet est ainsi composé de douze couleurs équidistantes dont chacune occupe une place bien spécifique (fig.2.5).

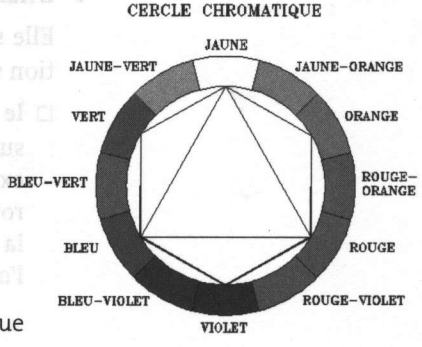


Fig.2.5
(Cercle chromatique selon Itten)

Les **couleurs complémentaires** sont celles qui sont diamétralement opposées sur le cercle chromatique. Le rouge est, par exemple, complémentaire du vert, de même que le violet est complémentaire du jaune. Chacune des trois couleurs primaires a pour couleur complémentaire le mélange des deux autres en quantités égales.

Pour être tout à fait complet et éviter tout malentendu, il convient encore de faire la distinction entre la **complémentarité additive**, qui concerne le mélange de lumières colorées complémentaires et dont le résultat est la reconstitution de la lumière blanche, et la **complémentarité soustractive**, qui concerne le mélange de matières colorées complémentaires et dont le résultat est un gris neutre. Le cercle chromatique présenté à la figure 2.5 concerne ainsi le mélange de matières colorées et les couleurs complémentaires qui y figurent sont donc soustractives.

1.5. L'harmonie des couleurs

L'harmonie est obtenue lorsque l'esprit est satisfait, ce qui se produit le plus souvent lorsqu'il existe une cohérence d'ensemble au niveau des éléments observés. Il est important à ce niveau de faire la distinction entre l'harmonie subjective et objective :

- **L'harmonie subjective :**

  Elle concerne l'appréciation individuelle au sujet de la combinaison de deux ou plusieurs couleurs. Il s'agit dans ce cas de jugements du type : agréable - désagréable, sympathique - antipathique, beau - laid, etc.

- **L'harmonie objective :**

  Elle s'appuie sur deux phénomènes physiologiques propres à l'adaptation visuelle de l'observateur :

  - **le contraste successif** : ce phénomène peut s'illustrer par l'exemple suivant. Après avoir contemplé quelques instants un carré vert par exemple, on voit apparaître par la suite, en fermant les yeux, un carré rouge qui disparaît rapidement. Cette image résiduaire (le rouge) est la couleur complémentaire du vert. Il s'agit d'un effet d'adaptation de l'œil qui s'est rééquilibré en fabriquant lui-même, dans le cas présent,

le carré rouge. Ce phénomène est bien sûr valable pour toutes les couleurs.

- **le contraste simultané** : ce second phénomène consiste à placer un carré gris clair sur une surface colorée en jaune, rouge ou vert, par exemple. On constate que, pour chaque couleur de la surface, le gris se teinte de la couleur complémentaire. Ainsi, il apparaît rougeâtre sur le vert, verdâtre sur le rouge et violacé sur le jaune.

Ces deux phénomènes démontrent que l'œil a besoin d'équilibre, et qu'il y parvient en produisant la couleur complémentaire. Ce qui, en fonction des propos sur les couleurs complémentaires, nous permet de considérer que deux ou plusieurs couleurs sont harmonieuses lorsque leur mélange donne un gris neutre.

Notre propos n'étant pas de rédiger ici un cours de composition, nous pouvons à ce stade considérer de manière simplifiée que la meilleure manière d'arriver à l'harmonie colorée est d'utiliser toutes les possibilités du cercle chromatique. Ainsi une première possibilité consiste à réaliser des **accords colorés** à 2, 3, 4 ou 6 couleurs (fig.2.6) :

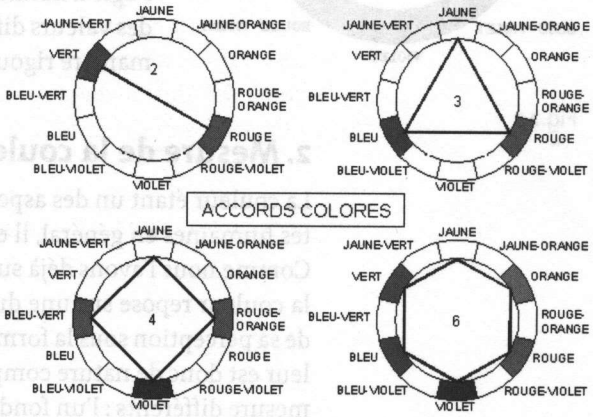


Fig.2.6

- **deux couleurs** : choisir deux couleurs diamétralement opposées (ex : rouge - vert) ;
- **trois couleurs** : choisir trois couleurs formant un triangle équilatéral (ex : jaune - bleu - rouge) ;
- **quatre couleurs** : choisir quatre couleurs formant un carré (ex : jaune - rouge/orange - violet - bleu/vert) ;
- **six couleurs** : choisir six couleurs formant un hexagone (ex : jaune - orange - rouge - violet - bleu - vert).

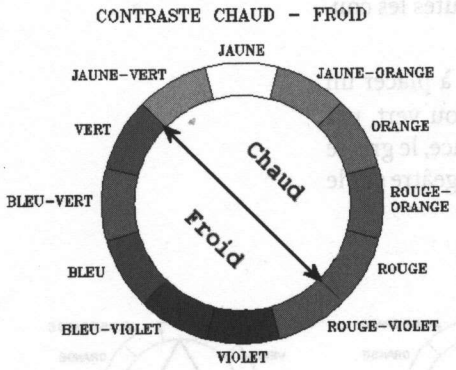


Fig.2.7

Une seconde possibilité consiste à utiliser les **contrastes de couleurs** comme le contraste **chaud-froid** par exemple (fig.2.7).

Enfin, il est également possible d'utiliser des **camaïeux**. Il s'agit d'harmonies basées sur une même couleur mais dans des valeurs différentes. Cette technique permet de réaliser de manière rigoureuse une unité d'ensemble.

2. Mesure de la couleur

La couleur étant un des aspects importants de notre existence et des activités humaines en général, il est essentiel de pouvoir la mesurer et la classer. Comme nous l'avons déjà suggéré au début de ce chapitre, la perception de la couleur repose sur une dualité : son origine physique et l'interprétation de sa perception sous la forme d'une sensation visuelle. La mesure de la couleur est donc de nature complexe et oblige à faire appel à deux systèmes de mesure différents : l'un fondé sur l'analyse physique de l'énergie rayonnante et l'autre sur l'évaluation visuelle de l'apparence des sensations colorées.

Dans le premier cas, il s'agit de la **colorimétrie** et, dans le deuxième cas, de la **psychométrie**, encore appelée « mesure psychométrique » ou « colorimétrie supérieure ».

Si la mesure colorimétrique est essentiellement quantitative, la mesure psychométrique est également qualitative. De même, si le premier système convient parfaitement au physicien et au scientifique en général, le second fait le bonheur de l'artiste ou du coloriste pour qui le qualitatif prime sur le quantitatif.

2.1. La colorimétrie

Dans son ouvrage sur l'optique physiologique, Yves Le Grand définit la colorimétrie comme une science dont le but est de fournir une spécification visuelle simple et précise de la couleur des sources lumineuses et/ou des « matériaux » transparents ou diffusants.

La colorimétrie ignore les sensations visuelles et fait appel à un « observateur de référence » qui peut être considéré comme un personnage fictif dont le rôle est de représenter la moyenne des sujets normaux dans des conditions déterminées. L'œil de cet « observateur de référence » ne sert que d'appareil « zéro » pour apprécier l'identité visuelle.

La colorimétrie est essentiellement objective et constitue un langage chromatique précis qui s'oppose à l'approximation très grossière des termes du langage courant.

Si la colorimétrie n'intéresse que médiocrement l'artiste elle constitue pour les techniciens le seul moyen d'assurer un langage commun et sûr, entre eux.

La spécification d'une couleur en colorimétrie requiert trois valeurs numériques qui permettent de chiffrer et de fixer celle-ci sans ambiguïté. Il s'agit de :

- **La longueur d'onde dominante (λ_d) :**

  Elle correspond à la longueur d'onde de la couleur pure dont la couleur se rapproche le plus.

  Elle correspond aux termes « teinte » (langage courant) et « tonalité » (psychométrie).

  Elle s'exprime en nanomètres.

- **La pureté d'excitation (pe) :**

  Elle exprime la vivacité d'une teinte, c'est-à-dire comment la couleur considérée se rapproche plus ou moins de la couleur pure correspondante.

  Elle correspond aux termes « pureté » (langage courant) et « saturation » (psychométrie).

  Elle s'exprime en pourcentage. La radiation pure = 100, le neutre = 0.

► **Le facteur de luminance (β) :**

Il correspond à l'énergie globale réfléchie par une surface colorée ou non.

Il correspond aux termes « luminosité » (langage courant) et « clarté » (psychométrie).

Il s'exprime en pourcentage et est comparé à un blanc de référence.

Ainsi pour le jaune ocre, par exemple, on a les valeurs suivantes : λ_d = 578 nm, pe = 71% et β = 44%.

2.2. La psychométrie

Comme nous l'avons déjà souligné au début de ce paragraphe, la mesure scientifique des couleurs via la colorimétrie ne peut satisfaire pleinement l'artiste ou le coloriste dont les préoccupations sont plus orientées vers les aspects qualitatif et sensible des couleurs, plus proches de la perception naturelle.

L'objectif de la psychométrie est ainsi d'étendre la mesure colorimétrique au domaine du sensible. Elle porte sur l'étude des sensations colorées et donc de la perception des couleurs.

Comme en colorimétrie, la psychométrie utilise trois facteurs ou attributs de couleur permettant de caractériser l'apparence d'une couleur. Il s'agit de la tonalité, de la saturation et de la clarté :

► **La tonalité :**

Elle concerne ce que l'on dénomme couramment « la couleur » et s'exprime par les qualitatifs : rouge, bleu, vert, etc., donnés à cette couleur.

► **La clarté (ou leucie) :**

Elle concerne la quantité de lumière transmise par la surface. Elle s'exprime par des adjectifs tels que « clair » ou « foncé ».

► **La saturation :**

Elle concerne le degré de coloration, déterminé en général par la fraction de radiation blanche contenue dans le rayonnement coloré. Elle permet donc de mesurer la proportion de couleur pure par rapport au blanc. Une

couleur pure sera saturée à 100%. Par contre, si la saturation atteint 0%, il n'existe plus de dominante colorée, et la lumière perçue est dite « achromatique » (absence de couleur).

REMARQUES

- D'une manière générale l'aspect coloré d'une lumière ou d'une surface est le résultat de sa **tonalité** et de sa **saturation**. On groupe donc souvent ces deux caractéristiques dans une seule propriété d'apparence, appelée la « **chromaticité** ».
- On exprime souvent des ordres de grandeur de la clarté et de la saturation à l'aide d'un seul objectif. Ce qui nous donne, par exemple :
  - claire + saturée = vive
  - claire + lavée = pâle
  - foncée + saturée = profonde
  - foncée + lavée = rabattue

3. Représentation géométrique des couleurs

En moyenne, notre système visuel s'avère capable de discerner quelque 350 000 couleurs différentes. Pour pouvoir utiliser ou étudier ces différentes couleurs, il est plus qu'utile d'en effectuer un classement, afin de pouvoir retrouver l'une d'entre elles par une démarche simple et efficace.

La couleur étant un phénomène visuel, il paraît évident que son repérage le plus simple résulte d'un arrangement géométrique. C'est pourquoi, depuis Newton, de nombreux chercheurs ont tenté de résoudre au mieux ce problème de classification des couleurs. Parmi les dizaines de systèmes existants certains sont plus connus que d'autres et peuvent être regroupés en trois catégories selon leur approche : approche artistique et visuelle (exemple : Munsell), approche physique (exemple : CIE), approche physique et psychométrique (CieLab).

3.1. Le système Chevreul

Michel-Eugène Chevreul, chimiste français du XIXe siècle, a mis au point une théorie des couleurs alors qu'il était le directeur des teintures à la manufacture des Gobelins. Devant surveiller la fabrication des colorants, il eut l'idée que les problèmes les plus délicats et les plus importants n'avaient rien à voir avec la chimie, mais bien plutôt avec l'optique : lorsqu'il arrivait qu'une couleur ne produisît pas l'effet escompté, cela ne venait pas des pigments, mais des tons colorés qui se trouvaient à proximité. Pour rendre ses observations plus scientifiques et les publier, il acheva, en 1835, la rédaction de son livre *De la loi du contraste simultané des couleurs*. Le but de Chevreul était d'essayer de dégager des principes agissant dans le contraste des couleurs, dont l'un d'eux est la « fonction discriminatoire du système visuel », qui consiste à « accentuer les différences en minimisant les similitudes ». Il mit également au point le cercle chromatique à soixante-douze parties qui définit les nuances par les différentes modifications qu'une couleur subit en tirant vers le blanc (élévation de son intensité) ou vers le noir (diminution de son intensité). Ce système, sous forme d'un espace hémisphérique (fig.2.8), présente donc à sa base un cercle de 72 tonalités dont chaque gamme chromatique est composée de 200 tons, ce qui donne un ensemble de 14 400 tons. Ce système utilisé depuis 150 ans a été amélioré grâce au projet NIMES (Nuancier Informatique des Manufactures nationalES), qui est un système numérique d'aide à l'acquisition, à la classification et à la communication de la couleur pour les liciers.

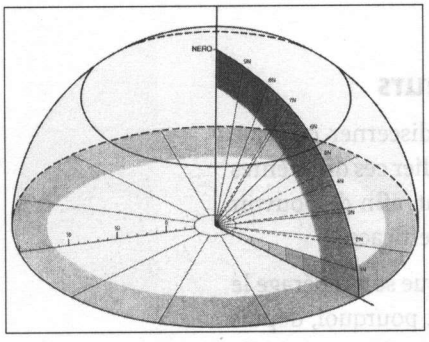


Fig.2.8 (D'après Colorsystem)

3.2. Le système Munsell

Au début de ce siècle, il n'y avait aucune véritable méthode de description de la couleur qui soit généralement admise. A part dans certains secteurs spécialisés comme le textile (voir Chevreul), les gens faisaient de vagues comparaisons avec les couleurs de la nature : bleu ciel, jaune citron, ou

rouge rubis. Il y avait ainsi des controverses sans fin sur les couleurs et sur leurs noms. Albert H. Munsell, peintre renommé et professeur d'art, étudia ce problème et décida d'ordonner le monde de la couleur en établissant une méthode systématique d'identification de la couleur.

Munsell identifia les trois critères de base de la couleur (teinte : hue, luminosité : value, saturation : chroma) et les ordonna sur des échelles numériques. Ces trois critères de la couleur peuvent être considérés comme les trois dimensions d'un espace, dans lequel les couleurs sont arrangées d'une manière ordonnée. Toutes les couleurs perceptibles sont classées dans un réseau cylindrique (appelé « l'arbre de la couleur ») à l'aide de trois variables (fig.2.9) :

- **La teinte (HUE) :**

  C'est la qualité de la couleur, qui distingue : le rouge, le jaune, le bleu... Dans le système de notation de la couleur selon Munsell, les teintes sont arrangées sur la circonférence d'un cercle.

- **La luminosité (VALUE) :**

  Elle varie des couleurs sombres, placées en bas de l'Arbre Munsell de la couleur, aux couleurs claires placées en haut.

- **La saturation (CHROMA) :**

  Elle indique la pureté ou l'intensité de la couleur. Sur l'Arbre Munsell de la couleur, la saturation augmente horizontalement des couleurs grisées aux couleurs vives, placées à la périphérie.

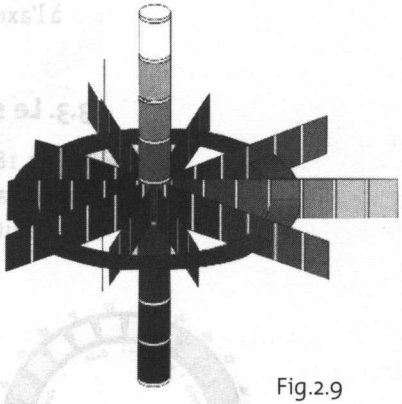


Fig.2.9

Avec le système de notation de la couleur de Munsell, toute couleur peut être identifiée facilement et précisément. C'est pourquoi ce système est accepté universellement.

Le système Munsell est également à la base d'un atlas, dit « Atlas de Munsell », qui est constitué d'un ensemble de planches de couleurs, obtenues par des coupes successives dans le solide défini par le réseau cylindrique (fig.2.10).

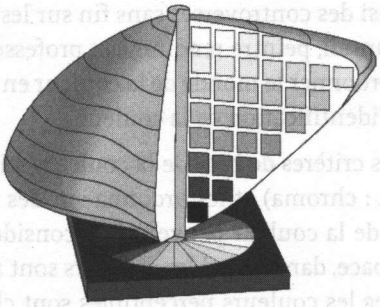


Fig.2.10

Ces coupes sont réalisées selon les plans suivants :

- plans passant par l'axe vertical des luminosités.
- plans horizontaux, perpendiculaires à l'axe des luminosités. Ces coupes permettent de représenter les différentes teintes à un même degré de clarté et pour plusieurs degrés de saturation.
- plans obtenus par le développement de cylindres dont l'axe correspond à l'axe des luminosités et dont les rayons varient sur l'axe des saturations.

3.3. Le système Ostwald

Né en 1853, Wilhelm Ostwald reçut le prix Nobel de chimie en 1909 pour ses travaux en chimie-physique portant sur la catalyse. Après son départ à la retraite, à l'âge de cinquante-trois ans, il se consacra à l'un des sujets qui lui tenaient à cœur, la théorie des couleurs, dans l'espoir d'expliquer scientifiquement les harmonies de sensation. Ostwald s'efforce de bâtir, avec les moyens de la colorimétrie, un système de couleurs conforme aux sensations. Au lieu des trois paramètres de Munsell « Hue » (le ton de la couleur), « Value » (son indice de clarté, ou valeur) et « Chroma » (son degré de saturation), il choisit un autre groupe de variables : la proportion de couleur, la proportion de blanc et la proportion de noir. Il introduisit aussi l'expression particulière de « couleur pleine », qu'il définit

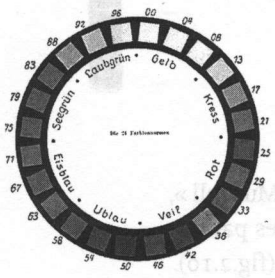


Fig.2.11

comme une couleur qui ne laisse percevoir qu'un seul ton (le Hue de Munsell) et qui ne contient aucun mélange de blanc ou de noir. En 1916 parut son **Alphabet des couleurs** (fig.2.11), qui proposait les résultats de ses travaux et qui devait connaître quinze éditions successives.

3.4. Le système CIE-RGB

Pour essayer de normaliser un peu les différents systèmes de classement des couleurs, la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), qui regroupe des experts de différents pays et qui est reconnue comme l'organisme faisant référence en colorimétrie, a établi en 1931 un système de repérage des couleurs à partir des trois couleurs fondamentales ou primaires (Rouge, Vert, Bleu) définies par leurs longueurs d'ondes dominantes :

- R (Rouge ou Red) : 700 nm ;
- G (Vert ou Green) : 546.1 nm ;
- B (Bleu ou Blue) : 435.8 nm.

Dans ce système, une couleur « C » est décrite mathématiquement par la relation :

$$C = R[R] + G[G] + B[B]$$

avec [R], [G], [B], les « quantités » unitaires des couleurs de base et R, G, B, les proportions relatives de chacune des trois composantes.

Cette relation est, de par sa structure même, susceptible d'une représentation géométrique : les trois arêtes d'un trièdre de sommet O peuvent servir de support aux trois longueurs R[R], G[G], B[B], qui seront les projections sur les axes d'un vecteur OC représentatif de la couleur C (fig.2.12).

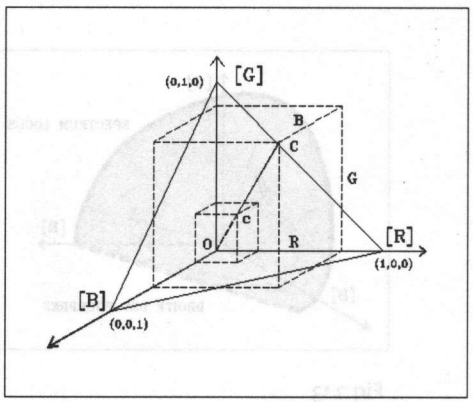


Fig.2.12

On a ainsi engendré un « espace chromatique » figuratif d'un « système trichromatique ». Les unités [R], [G], [B] sont appelées les « stimuli de référence » du système et R, G, B, les « composantes trichromatiques » de la couleur C.

Si l'on se place dans le plan passant par les trois stimuli de référence, encore appelé « plan de luminance constante », la couleur C y est représentée par sa trace « c » dont les coordonnées réduites sont :

$$r=R/(R+G+B),\ g=G/(R+G+B),\ b=B/(R+G+B)$$

avec r+g+b=1

Ces coordonnées r,g,b sont appelées les « coordonnées trichromatiques » de la couleur C.

Le plan dont il a été question ci-dessus découpe dans le trièdre un triangle de sommet [R], [G], [B], qui est souvent appelé le « triangle des couleurs ».

Dans ce plan, toutes les couleurs ont la même luminosité et leur position est exclusivement définie par la chromaticité.

Parmi toutes les couleurs, il est un groupe qui joue un rôle particulièrement important en colorimétrie, c'est celui des radiations ou couleurs monochromatiques du spectre et caractérisé par les longueurs d'ondes comprises entre 380 et 780 nm. Si l'on trace tous les vecteurs correspondant à ces couleurs on obtient une surface conique de sommet O qui enveloppe le trièdre précité. L'intersection de ce cône et du plan de luminance constante (plan qui contient le triangle des couleurs) donne une courbe en forme de fer à cheval et dénommée le « spectrum locus » (fig.2.13). La droite qui joint les extrémités de la courbe et qui ferme donc le spectrum locus s'appelle la « droite des pourpres ». Toutes les couleurs physiques ont des chromaticités dont les points représentatifs se situent à l'intérieur du contour ainsi délimité. Les points extérieurs ne représentent donc que des chromaticités fictives, qui n'ont d'existence qu'analytique, sans répondant dans la réalité.

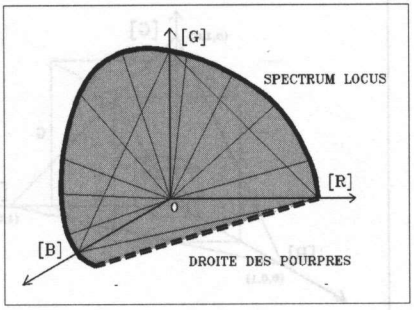


Fig.2.13

Il n'est pas nécessaire de représenter toujours le plan de chromaticité dans un espace à trois dimensions. En effet, grâce à la relation r+g+b=1 établie précédemment, la connaissance de deux coordonnées (par exemple « r » et « g ») permet de retrouver la troisième coordonnée. On peut ainsi représenter la chromaticité dans un espace à deux dimensions. La figure 2.14 illustre la projection du « spectrum locus » dans le plan (r, g). Le diagramme ainsi obtenu est encore appelé « diagramme chromatique RGB de la CIE ».

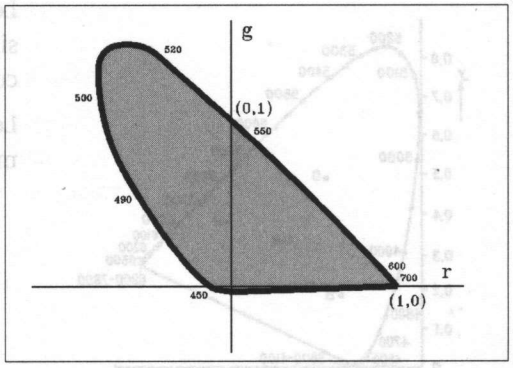


Fig.2.14

Si les couleurs R, G, B sont réelles, l'expérience montre qu'il existe toujours certaines radiations pour lesquelles l'un des coefficients est négatif, ce qui est très peu commode dans la pratique. En effet, si l'on regarde le diagramme de la figure 2.14, on constate que le triangle des couleurs est inscrit dans le « spectrum locus ». Ce qui signifie que, pour toute longueur d'onde, un des trois coefficients colorimétriques est toujours négatif. De même si l'on représente les composantes « r, g, b » en fonction de la longueur d'onde on remarque également les parties négatives des courbes (fig.2.15).

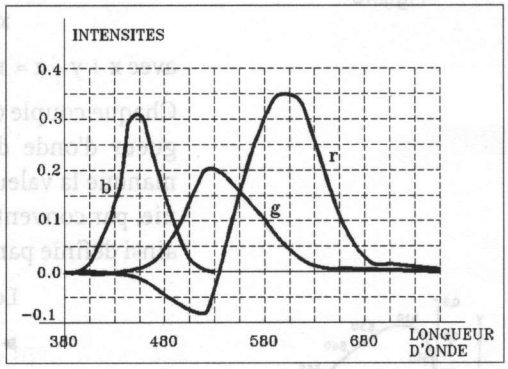


Fig.2.15

Pour remédier, entre autres, à cet inconvénient, la CIE a proposé en 1931 un nouveau système trichromatique dit « XYZ », dans lequel le « spectrum locus » se trouve tout entier à l'intérieur du triangle des couleurs.

3.5. Le système CIE-XYZ

Dans ce nouveau système, obtenu par transformation mathématique, le plan RGB est remplacé par un nouveau plan XYZ, où toutes les radiations colorées ont des coordonnées trichromatiques positives. L'ensemble du diagramme de chromaticité des couleurs réelles se retrouve dans un triangle rectangle isocèle plus grand que le triangle RGB précédent (fig.2.16).

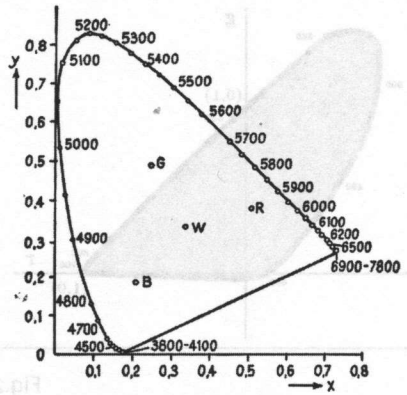


Fig.2.16

Les sommets X, Y, Z de ce triangle n'ont, dans ce cas, plus de signification physique réelle et sont simplement considérés comme la représentation de stimuli lumineux théoriques.

Le passage entre les deux systèmes s'effectue par la transformation suivante :

$$[X] = 0.41845[R] - 0.09116[G] + 0.00092[B]$$

$$[Y] = -0.15866[R] + 0.25242[G] - 0.00255[B]$$

$$[Z] = -0.08283[R] + 0.01570[G] + 0.17859[B]$$

Dans ce nouveau système, les coordonnées trichromatiques sont telles que :

$$x = X/(X+Y+Z),\ y = Y/(X+Y+Z),\ z = Z/(X+Y+Z)$$

avec $x + y + z = 1$

Chaque couple (x, y) représente dans ce diagramme une chromaticité (longueur d'onde dominante + facteur de pureté) bien déterminée. Seule manque la valeur de l'intensité de la couleur (luminance). Celle-ci est définie, par convention, par la valeur de la composante Y. Chaque couleur est ainsi définie par ses coordonnées (x, y, Y) du CIE.

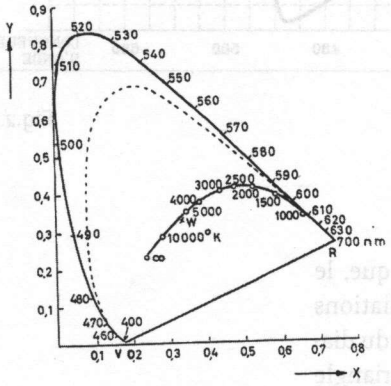


Fig.2.17 (Doc.CIE)

Le diagramme de chromaticité contient en outre (fig.2.17) :

- la position du blanc de référence (point W).
- la courbe représentative de la chromaticité des radiations émises par un corps noir porté à différentes températures. Cette courbe est appelée « lieu des corps noirs ».

La position d'un point de couleur « C » dans le diagramme de chromaticité permet de définir de façon simple et rapide les caractéristiques chromatiques de la couleur en question. En effet, si nous traçons la droite « WC » et si nous la prolongeons, elle recoupe le spectrum locus en un point D, caractéristique d'une longueur d'onde c qu'on appelle « longueur d'onde dominante » de la couleur « C ». De plus, la situation du point « C » par rapport aux courbes de pureté croissante permet de mesurer de façon précise la pureté de la couleur (fig.2.18).

Depuis sa création, le diagramme de chromaticité (CIE-1931) a été utilisé pour la solution graphique d'innombrables problèmes colorimétriques. Il a été complété par la suite par les diagrammes suivants :

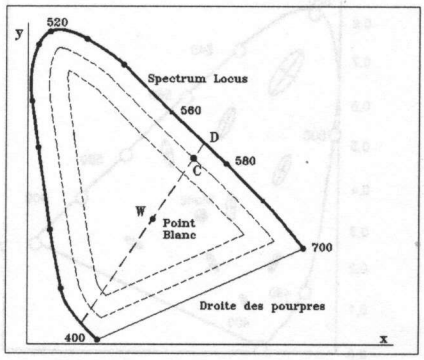


Fig.2.18

► **Le système colorimétrique supplémentaire (CIE-1964) :**

Le système trichromatique décrit ci-dessus a été établi pour un champ d'observation en vision centrale avec une ouverture angulaire de 2°. Pour répondre au besoin d'une colorimétrie valable pour des champs d'observation plus larges, une nouvelle étude fut entreprise avec une ouverture angulaire de 10° (fig.2.19).

Ce nouveau système dénommé officiellement « Système de référence colorimétrique supplémentaire CIE 1964 » fut adopté par la CIE en 1964.

► **Le diagramme de chromaticité uniforme (UCS) :**

Un des principaux intérêts d'une représentation graphique des couleurs est de pouvoir mesurer la différence (ΔE) entre deux couleurs.

Pour que cette mesure soit représentative d'une différence visuelle réelle, il est nécessaire que l'espace (x,y,Y), décrit auparavant, soit homogène, c'est-à-dire que la valeur d'un écart chromatique (ΔE) soit proportionnelle à un écart visuel observé par l'œil humain.

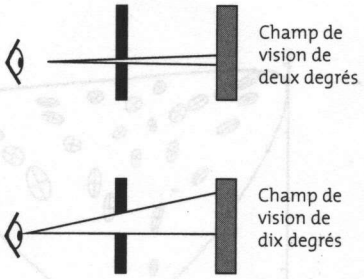


Fig.2.19

Les études faites dans ce sens par Mac Adam montrent que le système CIE n'est pas homogène. En effet, à partir d'une couleur donnée il représenta graphiquement dans le diagramme de chromaticité, les couleurs voisines discernables par l'œil humain et obtint une ellipse. Le fait que cette courbe ne soit pas un cercle indique déjà que le diagramme n'est pas uniforme. De plus, les dimensions des ellipses sont variables avec leur localisation ; elles sont très petites dans la zone des couleurs bleues et elles croissent de plus en plus avec la coordonnée « y » pour atteindre un maximum dans la zone des couleurs vertes (fig.2.20).

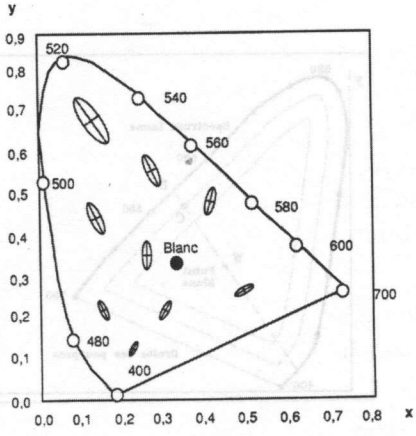


Fig.2.20

Pour remédier à cet inconvénient, on a recherché une nouvelle transformation de coordonnées qui conduirait à un diagramme de chromaticité répondant mieux aux objectifs établis. Un premier diagramme de chromaticité uniforme, ou diagramme UCS (Uniform Colour Scale), a été normalisé par la CIE en 1960 (fig.2.21). On constate dans ce dernier que les zones bleues sont dilatées tandis que les zones vertes sont contractées.

Ce diagramme, s'il assure une meilleure uniformité entre les différentes régions, maintient cependant encore des ellipses pour les lieux de même discrimination chromatique. Cependant, comme les petits axes de ces ellipses sont en grande partie orientés selon l'axe des v, la situation peut dans l'ensemble être améliorée en dilatant l'échelle correspondante. C'est une solution de ce type qui a été retenue par la CIE en 1976 avec son second diagramme UCS (fig.2.22).

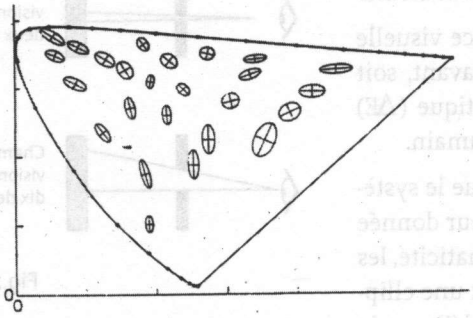


Fig.2.21

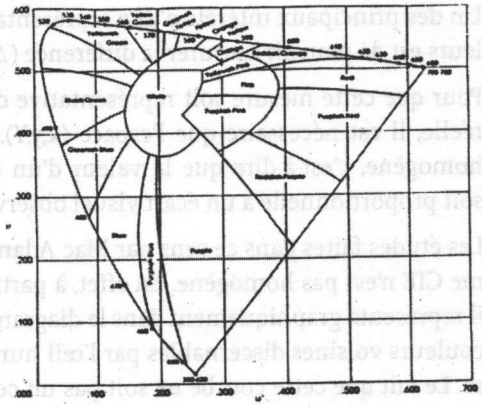


Fig.2.22

► **Les espaces de chromaticité uniforme CIELUV et CIELAB :**

Les diagrammes UCS dont il a été question précédemment ne s'intéressent qu'à la chromaticité. Or, dans la réalité, un contraste entre deux perceptions de surfaces ou d'objets éclairés concerne aussi bien leurs luminosités que leurs teintes. D'où le besoin d'étendre la notion d'uniformité à l'espace chromatique tridimensionnel.

Dans cette optique, la CIE proposa en 1973 deux espaces chromatiques normalisés, dits CIELUV et CIELAB, assez différents, mais sans faire un choix définitif, pour répondre aux différents besoins de l'industrie.

Le système CIELAB est principalement utilisé dans le cas du mélange de pigments car il est facile d'emploi et permet une bonne estimation de la couleur des mélanges. Il est ainsi utilisé dans les secteurs de la peinture, des arts graphiques et du textile.

Le système CIELUV, quant à lui, est principalement utilisé dans le cadre des mélanges additifs de lumières colorées. Ce qui est le cas des écrans de TV et d'ordinateurs.

Si les diagrammes développés par la CIE sont précieux au niveau de la normalisation des couleurs et des possibilités de conversion entre systèmes différents, il faut néanmoins reconnaître que leur utilisation n'est pas toujours très bien adaptée à un usage interactif. On voit en effet difficilement un graphiste, par exemple, traduire un « rouge carmin » en coordonnées CIE.

Dans cette optique, il existe également d'autres systèmes de classification plus pratiques, plus rapides et donc plus faciles à interpréter par l'utilisateur. Il s'agit, d'une part, des systèmes d'apparences des couleurs, dont les plus connus sont le système Munsell (voir point 3.2) et le système DIN, et d'autre part, des catalogues d'échantillons dont le plus connu est le système Pantone Matching.

3.6. Le système DIN

D'origine allemande et de conception similaire au système Munsell, chaque couleur est décrite à l'aide des trois paramètres suivants :

- la teinte T ;
- la saturation S ;
- la luminosité décroissante D (Dunkelstufe).

Ce système comporte 24 teintes de base. Chacune de celles-ci est divisée en 7 niveaux de saturation. Enfin, chacun des réseaux de chromaticité ainsi générés se répète à 8 échelons de luminosité.

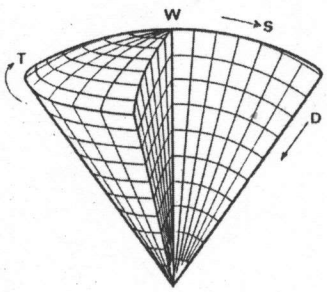


Fig.2.23

L'ensemble des couleurs du système DIN sont ainsi classées dans un réseau en forme de cône renversé (fig.2.23).

3.7. Le système Pantone Matching

Ce système dénommé « Pantone Matching System » (ou PMS color) a été développé aux USA par la société Pantone Inc. Il s'agit d'un catalogue ou plutôt d'une table de référence comportant 1114 couleurs identifiées par un numéro (fig.2.24). Chacune des couleurs référencées correspond à un mélange déterminé d'encres de base.

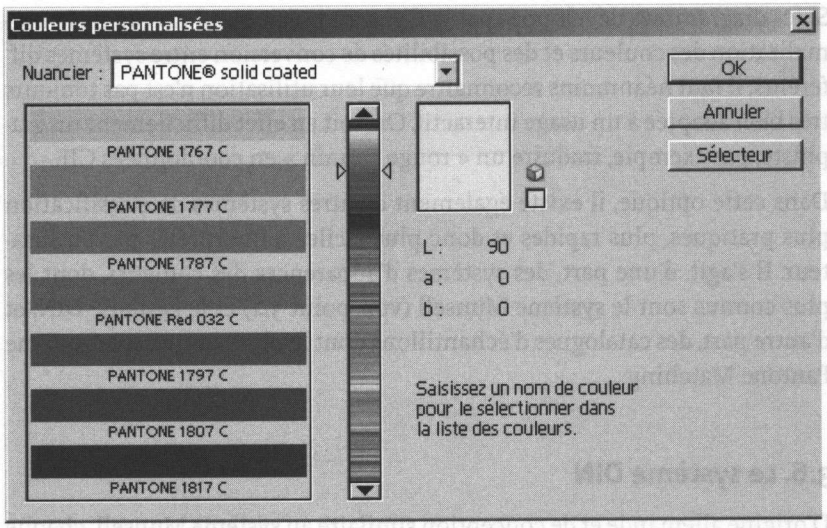


Fig.2.24

Le principal avantage du nuancier Pantone réside dans le fait que les couleurs sont préfabriquées et standardisées, ce qui évite les surprises causées par une mauvaise dénomination des couleurs souhaitées.

Chapitre 3

Couleur et graphisme sur ordinateur

1. Introduction à l'infographie

L'informatique graphique, ou en abrégé l'infographie, est née d'un besoin de communication avec l'ordinateur. Elle trouve son origine aux USA vers le début des années 50 grâce aux recherches conjointes portant d'une part sur les outils graphiques (écran, photostyle, etc.) et d'autre part sur les programmes de base des ordinateurs permettant le travail en mode conversationnel.

Ainsi en 1950, un écran cathodique associé à des moyens de calcul permettait de créer un système de contrôle aérien pour l'armée de l'air. L'apport majeur de ce nouvel outil, baptisé SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) fut de relier pour la première fois un ordinateur à un moniteur et à un crayon optique. L'affichage graphique en temps réel permettait aux opérateurs d'identifier instantanément les cibles. Le crayon optique composé d'un récepteur photoélectrique permettait de pointer l'écho sur l'écran et d'afficher et/ou de mémoriser les données de position des avions.

Une nouvelle façon de communiquer avec la machine vit ainsi le jour.

D'autre part en 1961, Ivan Sutherland, chercheur au Massachusetts Institute of Technology (MIT) travaillait sur un programme graphique, baptisé SKETCHPAD, qui permettait d'afficher sur l'écran une petite croix (le curseur) qui suivait le déplacement du crayon optique. Grâce à un boîtier équipé de touches, chaque position du curseur put être enregistrée par simple pression sur une touche et une ligne relia ensuite ces différents points. Cette opération qui paraît bien modeste actuellement peut être considérée comme un tournant décisif dans le domaine de l'informatique graphique et comme la base des outils logiciels utilisés aujourd'hui.

Si les mondes de l'industrie (mécanique, construction, architecture, etc.), d'une part, et des arts graphiques, d'autre part, utilisent l'informatique comme moyen de production depuis plus de trente ans, il faut remarquer

que les différentes applications se sont très largement étendues au cours de ces dernières années. C'est, en effet, l'arrivée de la micro-informatique avec l'IBM-PC en 1981 et le Macintosh en 1984 qui a profondément transformé et démocratisé l'utilisation du graphisme sur ordinateur comme outil de conception et de production.

Si l'évolution et la démocratisation de la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) sont dues en premier lieu à l'apparition de l'IBM-PC et à la sortie du logiciel Autocad de la société Autodesk Inc., celles de la Publication Assistée par Ordinateur (PAO) sont dues au Macintosh et à la sortie du logiciel Pagemaker de la société Aldus, en 1985.

Depuis leurs origines, les produits destinés au graphisme sur micro-ordinateur se sont multipliés tout comme leurs possibilités. Cette accélération très nette de l'offre ne fait que s'accentuer depuis que les fournisseurs et les utilisateurs ont reconnu que ces différents outils n'étaient pas destinés à des amateurs mais bien à des professionnels. L'évolution actuelle de ces systèmes s'oriente vers une plus grande interactivité, une meilleure adaptation à chaque discipline concernée et surtout une assistance plus importante grâce à l'apport, entre autres, des recherches en Intelligence Artificielle.

2. Les secrets de l'image numérique

2.1. Des nombres aux images : le codage de l'image

Pendant des millénaires, les artistes ont su graver, peindre et dessiner directement sur une surface plane pour créer des images représentant des objets réels. Avec l'apparition de l'ordinateur, la création d'une image à l'aide de ce dernier nécessite un talent supplémentaire. Avant que la machine n'affiche les idées de l'artiste sur un écran ou sur une imprimante, ces mêmes idées doivent être converties en nombres, les seuls termes compréhensibles par un ordinateur.

Ainsi, une image numérique est définie comme une étendue plane entièrement remplie par des éléments graphiques élémentaires appelés « pixels » (picture elements), et disposés selon une trame le plus souvent rectangulai-

re. A chaque point correspond un nombre (fig.3.1) qui permet de coder sa position et ses caractéristiques graphiques comme la couleur, par exemple.

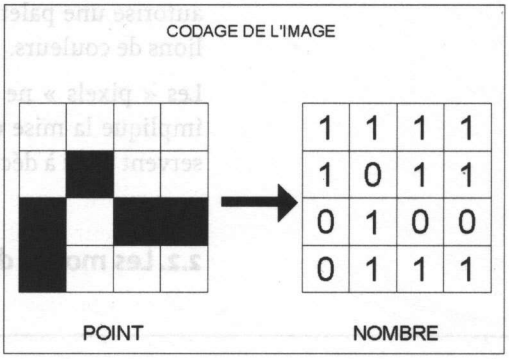


Fig.3.1

Un « pixel » est une entité calculable qui peut recevoir une structure et une quantification. Ainsi, la mémorisation d'une image se fait sur une rangée de plans parallèles appelés « plans mémoire ». Chacun de ces plans est une grille constituée de zéros et de uns. L'ensemble de ces plans s'appelle encore mémoire de « trame » ou « bitmap ».

Chaque « pixel » a pour structure la suite de ces nombres qui se lisent alignés dans le sens perpendiculaire aux plans mémoire (fig.3.2). Cette suite de nombres permet de qualifier le « pixel » au niveau colorimétrique.

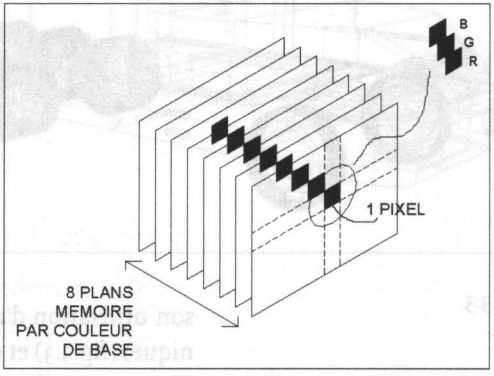


Fig.3.2

D'une manière concrète, si un graphiste souhaite, par exemple, avoir une image à l'écran avec un rendu photographique, il doit nécessairement avoir à sa disposition une palette de 16,7 millions de teintes pour aboutir au résultat souhaité. Ce chiffre n'est pas le fruit du hasard. En effet, une couleur quelconque à l'écran est définie par le mélange de trois composantes primaires : le rouge, le vert et le bleu. Chaque « pixel » comporte donc une partie de chacune de ces couleurs de base. De l'intensité plus ou moins grande de chacune d'elles dépendra la couleur finale. Par exemple, si chaque composante est au maximum d'intensité, le « pixel » sera blanc. A l'inverse, si chacune est au minimum, on aura du noir. La combinaison de ces trois couleurs donne un nombre pratiquement infini de teintes. Ainsi, on peut « coder » chaque couleur sur 8 bits (8 plans mémoire), ce qui se traduit par 256 teintes par composante. Etendu aux trois composantes de base, on obtient un codage sur 24 bits (3 x 8 bits) qui

autorise une palette de 256 x 256 x 256 teintes simultanées, soit 16,7 millions de couleurs.

Les « pixels » ne suffisent pas en eux-mêmes : la création d'une image implique la mise en place d'une structure. Deux systèmes fondamentaux servent ainsi à décrire une image : le mode vectoriel et le mode bitmap.

2.2. Les modes de représentation de l'image : vectoriel et bitmap

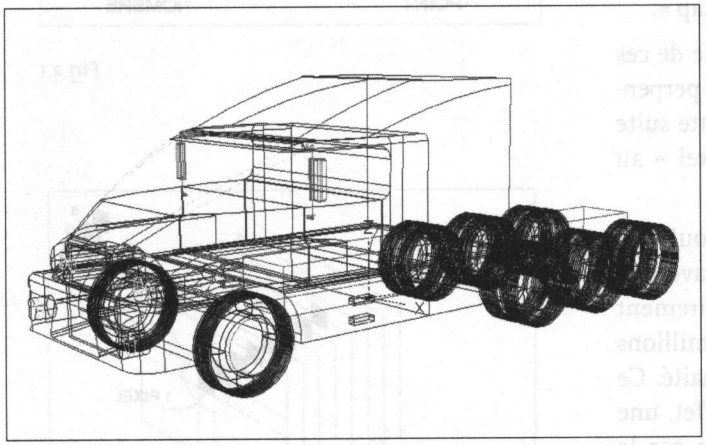


Fig.3.3

Dans le mode Vectoriel, chaque objet graphique est créé à partir d'une définition géométrique des formes (ligne, cercle, courbes de Bézier, etc.) auxquelles sont associés des attributs (couleur, épaisseur, etc.). Chaque objet est stocké, dans ce cas, non sous la forme de points en mémoire mais sous la forme de primitives géométriques dont on ne conserve que les points significatifs tels que le centre et le rayon d'un cercle, les courbures ou les longueurs de segments, etc., qui permettront à tout moment de retracer l'image sans altération. Ce type de représentation trouve son utilisation d'une part dans des applications de type DAO (dessin technique) (fig.3.3) et d'autre part dans des applications de type « Dessin à main libre » qui utilisent principalement les courbes de Bézier (fig.3.4).

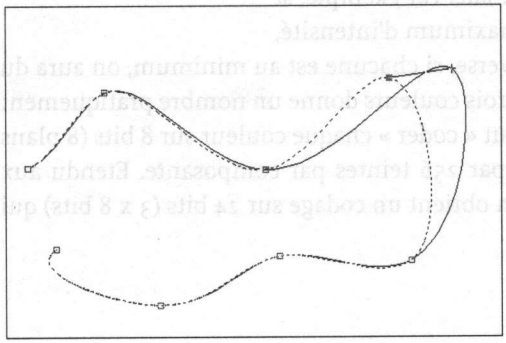


Fig.3.4

Les principales caractéristiques de ce type de représentation sont les suivantes :

- la description des objets graphiques est indépendante de la définition gérée par les périphériques graphiques. Ainsi une figure géométrique dessinée sur un écran de faible définition peut être tracée sur une table traçante ou transférée dans un imageur photographique avec une très haute définition.
- la description vectorielle permet de hiérarchiser les différents objets graphiques, et par conséquent de créer des images complexes à partir d'éléments plus simples.
- les objets graphiques peuvent facilement être modifiés de manière interactive sans altérer le reste de l'image. Il est ainsi très aisé à tout moment de déplacer, de superposer, de copier, de faire tourner, etc., les éléments souhaités (fig.3.5).
- en fonction du type de périphérique d'affichage, l'image vectorielle doit être transformée pour être compréhensible par ce dernier. Ainsi dans le cas d'un écran à balayage de trame ou d'une imprimante, l'image est transformée sous la forme d'une suite de points élémentaires. Cette opération s'appelle la « génération du tracé » (scan conversion).
- le stockage des données vectorielles est beaucoup moins gourmand en espace que dans le cas des données « bitmap ». De plus, la taille du fichier est indépendante de la résolution souhaitée.

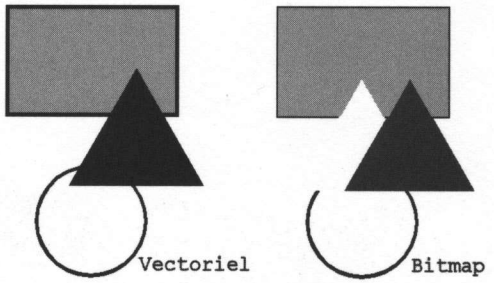


Fig.3.5

Dans le mode « Bitmap », une image est constituée d'une mosaïque de points (pixels), identifiés par une position et une valeur de couleur. Ce type de représentation correspond donc au codage le plus « primitif » de l'image, tel que décrit dans le paragraphe précédent. Le mode « bitmap » est orienté « peinture » ou traitement d'images numérisées. Il convient ainsi

Fig.3.6

parfaitement pour les applications issues du domaine des arts graphiques et de l'édition (fig.3.6).

Les principales caractéristiques de ce type de représentation sont les suivantes :

- lors de l'agrandissement ou de la réduction d'une image, chacun des points constituant celle-ci est également grossi ou diminué. Ainsi un « zoom » effectué sur le bord d'un cercle va engendrer un grossissement de celui-ci avec en plus un effet d'escalier (fig.3.7).

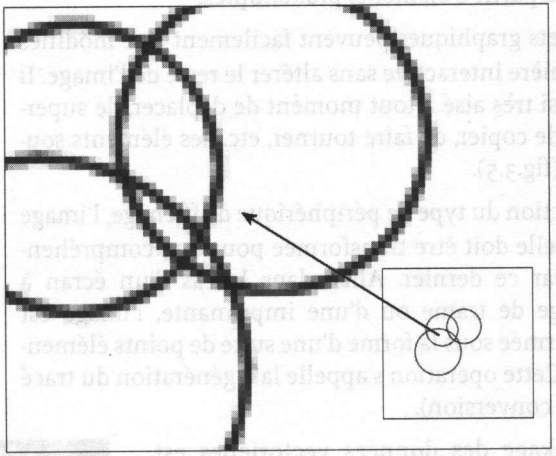


Fig.3.7

- la manière de travailler sur une image « bitmap » est proche de celle utilisée traditionnellement par les graphistes : emploi de masques, de l'aérographe, de brosses, etc.
- ce type de représentation permet de modifier et de traiter facilement des images complexes ayant une définition quasi photographique.
- ce type de représentation est dépendant de la définition des périphériques utilisés. Ainsi, une image à haute définition sur un écran n'engendre pas automatiquement une haute définition sur un imageur, par exemple.

- les images « bitmap » sont gourmandes en espace de stockage sur disque. Des tailles de 20 à 40 Mo par image sont monnaie courante dans le cas d'images à haute définition.
- les modifications de parties de dessin sont moins évidentes qu'en mode vectoriel car les différentes entités constituant ce dessin ne sont pas reconnues comme des objets indépendants mais sont « fondues » l'une dans l'autre.

2.3. Qualité de l'image

La qualité d'une image numérique dépend, en plus de son contenu en lui-même, de la qualité des différents maillons de la chaîne des outils (matériels et logiciels) qui permettent de la réaliser.

Au nombre de ces éléments figurent principalement :

- La qualité des outils de saisie de l'image : densité des points de saisie, nombre de niveaux de gris ou de couleurs enregistrés, etc.
- La qualité de l'affichage à l'écran : définition de l'écran, nombre de teintes disponibles simultanément, calibrage de l'écran, etc.
- La qualité des transferts sur des supports papier, film ou vidéo : correspondance entre les couleurs à l'écran et sur le support (color matching), définition de sortie (en dpi), etc.
- La qualité des outils de composition de l'image : outils de modélisation disponibles, interactivité (facilité des modifications), etc.
- La qualité des outils de traitement de l'image : fonction permettant de supprimer les défauts liés à la numérisation et à la représentation des données (anti-aliasing, etc.).

Les critères d'appréciation de la qualité d'une image, tels que ceux énoncés succinctement ci-dessus, dépendent largement de la structure même de l'image et en particulier de sa catégorie (image réaliste ou conceptuelle) et de son mode de représentation (bitmap ou vectorielle).

En réalité, tout comme cela se produit dans d'autres domaines techniques, la qualité d'une image numérique n'est pas déterminée uniquement ou

d'abord par une série de critères techniques, mais par des compromis qui sont guidés par les objectifs à atteindre, par les budgets disponibles et par les normes établies ou « de fait » en vigueur pour le domaine couvert. Ainsi on n'attend pas, par exemple, d'une image vidéo ou TV qu'elle ait la même définition qu'une image sur un film 35 mm.

2.4. Utilisation de la couleur en infographie

Pour mieux distinguer les différentes catégories d'images en couleurs que l'on peut obtenir par traitement informatique, il convient de faire la différence entre l'image « réaliste » et l'image « conceptuelle » (fig.3.8).

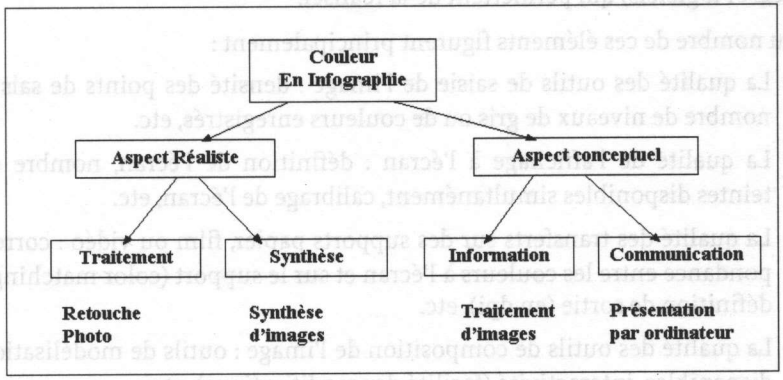


Fig.3.38

Dans le cas des images réalistes, la couleur a comme objectif de représenter le plus fidèlement possible une situation réelle. C'est le cas, par exemple, des applications en Synthèse d'images (ex. : simulation d'un projet d'architecture dans un site donné) ou en Arts graphiques (ex. : retouche photographique d'une photo scannée).

Les images conceptuelles ont pour rôle d'illustrer des intentions ou des points d'information technique. Dans ce cas, la couleur a comme objectif d'aider à la compréhension de documents d'un certain niveau d'abstrac-

tion. L'utilisation de la couleur que l'on peut caractériser ici de « symbolique », par opposition à la couleur « vraie » des images réalistes, se rencontre largement dans des applications portant sur l'analyse et le traitement d'images de type météorologique, géographique, thermique ou médical. Chaque couleur traduit en quelque sorte une variable de l'image en lui assignant une valeur ou une signification interprétable par la suite.

L'emploi de la couleur dépend ainsi largement du type d'application en cours. Les critères en jeu ne sont pas les mêmes pour la couleur « vraie » par rapport à la couleur « symbolique ». Ainsi, si une palette de 256 couleurs est largement suffisante pour réaliser des graphiques d'affaires (business graphics), il est plus que nécessaire d'avoir à sa disposition une palette de 16,7 millions de couleurs pour concevoir des illustrations de grande qualité ou pour retoucher avec précision des documents photographiques.

De plus, l'importance des traitements informatiques en jeu, au niveau de la couleur, varie également d'un domaine à l'autre. En effet, si en PAO, par exemple, l'accent sera mis sur la production et la fidélité des couleurs, en Synthèse d'images, c'est la modélisation synthétique d'un environnement coloré qui sera le point central des traitements informatiques. Le tableau ci-contre souligne cet aspect pour les principaux secteurs de l'infographie :

Secteur	**Importance des traitements**
PAO	Production et fidélité des couleurs.
DAO-CAO	Rôle qualitatif de la couleur. Différentiation ou mise en valeur de certains aspects.
Synthèse d'images	Modélisation synthétique de la couleur.
Traitement de l'image	Rôle quantitatif de la couleur. Elle peut être considérée comme une source d'information intrinsèque.
PREAO	La couleur comme outil de communication.

3. Modélisation de la couleur en informatique

Les différentes recherches portant sur la désignation des couleurs en informatique ont donné naissance à plusieurs modèles de représentation des couleurs. Certains sont basés sur la théorie trichromatique des couleurs et sont issus des travaux du CIE (Commission Internationale de l'Éclairage). Il s'agit des modèles RGB - CMY - YIQ. D'autres modèles sont basés sur la perception subjective des couleurs. Ils sont issus, en partie, des travaux du peintre américain Albert Munsell. Il s'agit du modèle HSL (Hue, Saturation, Luminance) et de ses dérivés HCL - HSV - HSB. Outre ces modèles, il importe également de considérer le nuancier Pantone. Il ne s'agit pas d'un modèle au sens mathématique du terme, mais d'une table de référence comportant plus de 700 couleurs.

Une autre distinction consiste à classer les modèles selon le fait qu'ils sont dépendants des périphériques ou qu'ils ne le sont pas. Dans le premier cas, ils décrivent les couleurs « vues » ou « reproduites » par un périphérique en particulier, tandis que dans le second cas, ils décrivent l'ensemble des couleurs visibles sans référence aucune à un périphérique en particulier. La première catégorie regroupe les formats RGB (RVB), YIQ, HSL et dérivés, qui concernent les périphériques d'acquisition (scanner, appareil photo numérique...), d'affichage (TV, moniteurs ordinateur...) et les formats CMY, CMYK qui concernent les périphériques d'impression (imprimantes à jet d'encre, laser, offset...). La seconde catégorie regroupe les formats CIE XYZ, CIE Luv et CIE Lab.

3.1. Le modèle RGB (Red, Green, Blue)

Il s'agit d'un système très répandu car il correspond, comme on l'a signalé auparavant, au fonctionnement des moniteurs couleur (TV ou écran graphique) et des scanners. Il définit les couleurs par l'addition de trois couleurs primaires (rouge, vert, bleu) selon la synthèse additive.

Le modèle RGB est un système à trois dimensions qui peut être représenté sous la forme d'un cube dont chaque axe correspond à une couleur primaire : rouge, vert, bleu. Une couleur particulière est ainsi spécifiée en indi-

quant les contributions de chaque couleur primaire. Généralement, celles-ci oscillent, en pourcentage, entre 0% et 100% et en valeur entre 0 et 255. Dans le cube, la diagonale principale représente les niveaux de gris depuis le noir jusqu'au blanc (fig.3.9).

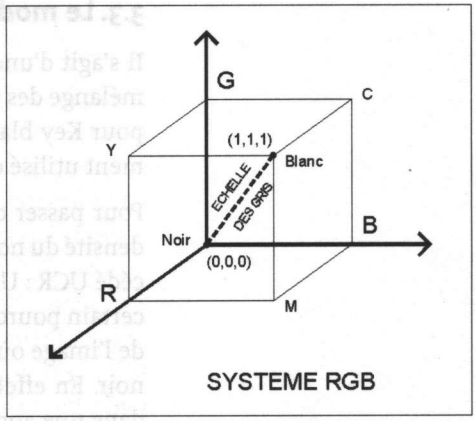


Fig.3.9

3.2. Le modèle CMY (Cyan, Magenta, Yellow)

Le Cyan, le Magenta et le Jaune sont respectivement les couleurs complémentaires du rouge, du vert et du bleu. Ils sont appelés primaires soustractives car leur effet est de soustraire certaines couleurs de la lumière blanche.

D'une manière générale, il n'existe guère de différence entre les systèmes CMY et RGB. Ils sont en effet établis tous les deux à partir de trois composantes fondamentales. Le modèle CMY est également représenté sous la forme d'un cube, mais l'origine est dans ce cas le blanc et les trois axes principaux le cyan, le magenta et le jaune (fig.3.10).

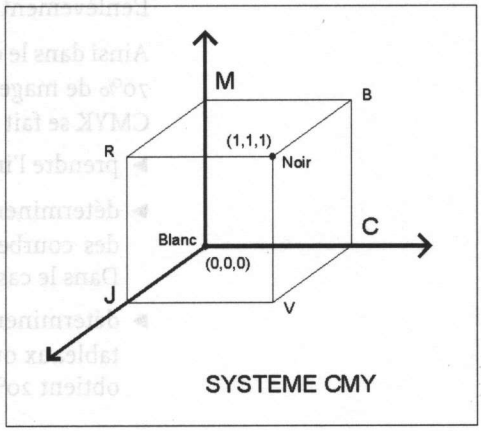


Fig.3.10

La relation entre les deux modèles peut s'exprimer simplement par le rapport :

R		1		C
G	=	1	–	M
B		1		Y

Ce système est également important dans la pratique, car tous les procédés d'impression sur papier font appel à la synthèse soustractive. Le modèle CMY offre cependant une gamme de couleurs reproductibles plus étroite que le RGB, donc lorsque des données RGB sont converties en données CMY, les couleurs semblent moins brillantes et nettes.

3.3. Le modèle CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black)

Il s'agit d'une extension du modèle CMY pour répondre à l'incapacité du mélange des encres CMY de produire un noir parfait. Le système CMYK (K pour Key black) est encore appelé synthèse quadrichromique et est largement utilisé en imprimerie.

Pour passer du système CMY au système CMYK il convient de définir la densité du noir à l'aide d'un processus d'enlèvement des sous-couleurs (procédé UCR : Undercolor Removal). Ce procédé a pour effet de supprimer un certain pourcentage de cyan, de magenta et de jaune dans les zones neutres de l'image où ces trois couleurs se chevauchent, pour les remplacer par du noir. En effet, lorsque ces trois couleurs sont combinées à densité élevée dans une zone sombre de l'image, elles aboutissent souvent à des tons de brun foncé au lieu de noir, dans lesquels les détails de l'image disparaissent. L'enlèvement des sous-couleurs est destiné à pallier cet inconvénient.

Ainsi dans le cas d'une couleur X (80C, 70M, 90Y) comportant 80% de cyan, 70% de magenta et 90% de jaune, le passage du système CMY au système CMYK se fait par la procédure suivante :

- prendre l'index le plus bas : soit 70M ;
- déterminer la densité du Noir (K) grâce à des tables de conversion ou à des courbes incorporées dans les programmes d'application (fig.3.11). Dans le cas de notre exemple, on obtient 30% ;
- déterminer le % des autres couleurs à soustraire, de nouveau à l'aide de tableaux ou de courbes de conversion (fig.3.12). Dans notre exemple on obtient 20% à soustraire du cyan, du magenta et du jaune.

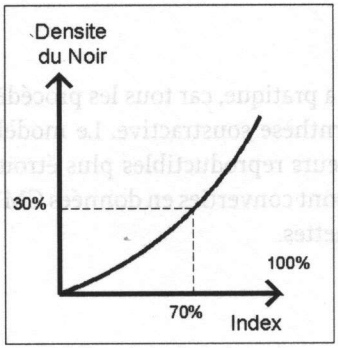


Fig.3.11

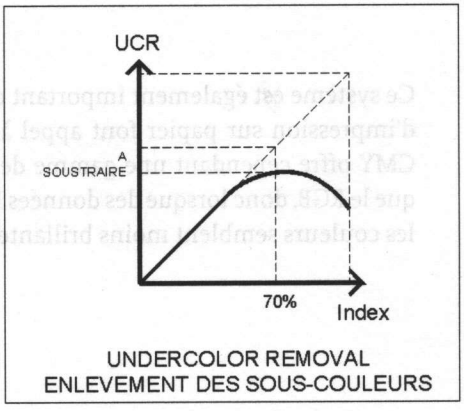


Fig.3.12

Ainsi la couleur X (80C, 70M, 90Y) donne (60C, 50M, 70Y, 30K). Cette technique de calcul n'est pas universelle et dépend de chaque concepteur d'application.

Depuis quelques années, l'utilisation de la technique UCR a été étendue et est appliquée à toute la surface de l'image où les couleurs C, M, Y se chevauchent et donc plus uniquement dans les zones neutres. Cette extension de la technique UCR porte le nom de GCR (Gray-Component Replacement).

3.4. Le modèle YIQ

Le modèle YIQ est une variante du modèle RGB, établi par le National Television Standards Committee (NTSC) pour rendre plus efficaces la transmission des signaux de télévision et la compatibilité avec les écrans noir et blanc. La composante Y contient toute l'information concernant la luminosité de l'image (fig.3.13). Quant à la teinte et la saturation, elles font appel aux composantes cyan-orange (I) et magenta-bleu (Q).

La relation entre les modèles YIQ et RGB est établie par le rapport suivant :

Y		0.30 0.59 0.11		R
I	=	0.60 – 0.27 – 0.32	X	G
Q		0.21 – 0.52 0.31		B

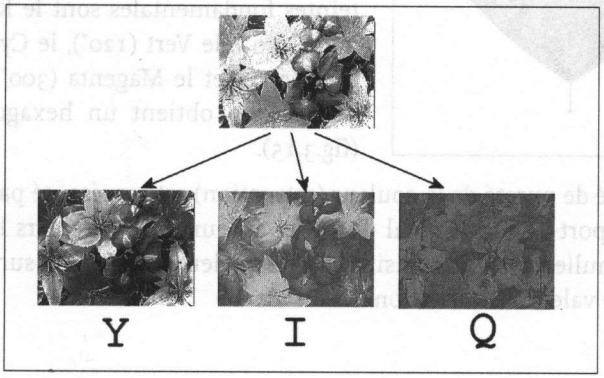


Fig.3.13

3.5. Le modèle HSL (Hue, Saturation, Luminance)

Plus intuitif et plus proche de la perception naturelle des couleurs, le modèle HSL – et ses dérivés HCL, HSV, HSB – permet de spécifier chacune des couleurs en termes de Teinte (Hue), de Saturation (Saturation) et de Luminance (Luminance). Il est issu des travaux du peintre Albert H. Munsell.

La Teinte (Hue) permet de déterminer la couleur souhaitée (rouge, vert, bleu, etc.).

La Luminance (Luminance) sert à définir la part du noir ou du blanc dans la couleur sélectionnée. Elle permet de distinguer une couleur claire d'une couleur sombre.

La Saturation (Saturation) mesure la pureté des couleurs, c'est-à-dire le pourcentage de couleur pure par rapport au blanc. Elle sert à distinguer les couleurs « vives » des couleurs « pastel » ou « délavées ».

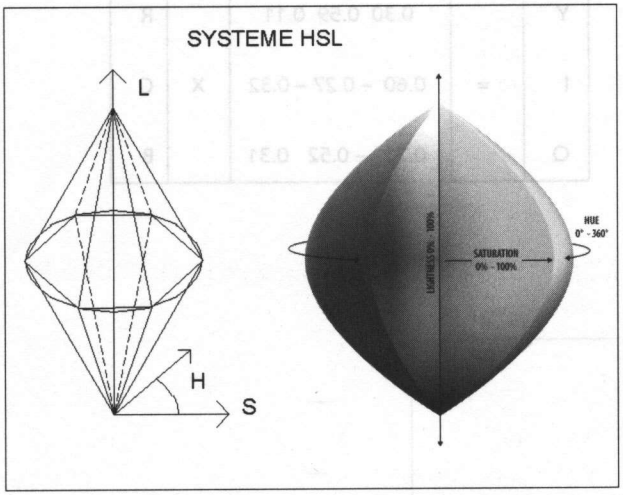


Fig.3.14

Ce modèle (HSL) peut être défini par un espace en forme de double cône (fig.3.14) dont l'axe vertical représente la luminosité ou l'intensité de la couleur (sombre vers le bas, clair vers le haut). La base commune des cônes représente les différentes teintes. Elles sont habituellement repérées sur ce cercle de base par une valeur angulaire (0° à 360°). Les teintes fondamentales sont le Rouge (0°), le Jaune (60°), le Vert (120°), le Cyan (180°), le Bleu (240°) et le Magenta (300°). En reliant celles-ci on obtient un hexagone régulier (fig.3.15).

Le degré de pureté de la couleur (saturation) est représenté par la distance par rapport à l'axe vertical du cône : valeur maximale vers l'extérieur et valeur nulle au centre. Ainsi toutes les couleurs situées à la surface du cône ont une valeur de saturation maximale.

Au niveau des applications en infographie, il est souvent fait usage de modèles similaires dénommés HCL (la saturation est nommée Chroma), HSV (la luminance est nommée Value) et HSB (la luminance est remplacée par la Clarté ou Brightness).

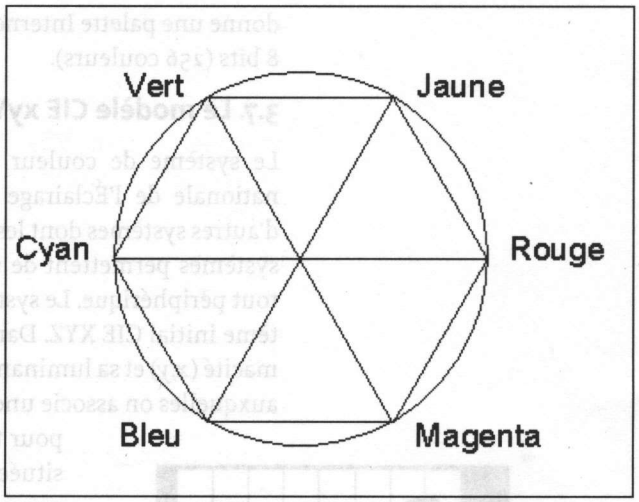


Fig.3.15

3.6. Le nuancier Pantone

Un autre système de sélection des couleurs, qui est en plus fréquemment utilisé par les professionnels des arts graphiques, est le nuancier Pantone. Ce système dénommé « Pantone Matching System » (ou PMS color) a été développé aux USA par la société Pantone Inc. Il ne s'agit pas d'un modèle au sens mathématique du terme, mais d'une table de référence comportant 1114 couleurs identifiées par un numéro (fig.3.16). Chacune des couleurs référencées correspond à un mélange déterminé d'encres de base. Le principal avantage du choix Pantone réside dans le fait que les couleurs sont préfabriquées, ce qui évite les surprises et le tramage inhérent à la quadrichromie.

La société Pantone développe également une série d'autres outils dont ColorWeb Pro, qui est un outil rapide et simple qui permet aux concepteurs d'intégrer les couleurs Pantone® dans les logiciels de création de pages Web, les éditeurs HTML, ainsi que les logiciels de présentation. Avec ColorWeb Pro, vous pouvez sélectionner à partir d'une palette plus de 1100 couleurs qui permettent la représentation la plus proche des couleurs Pantone sur un moniteur. En plus, ColorWeb Pro vous

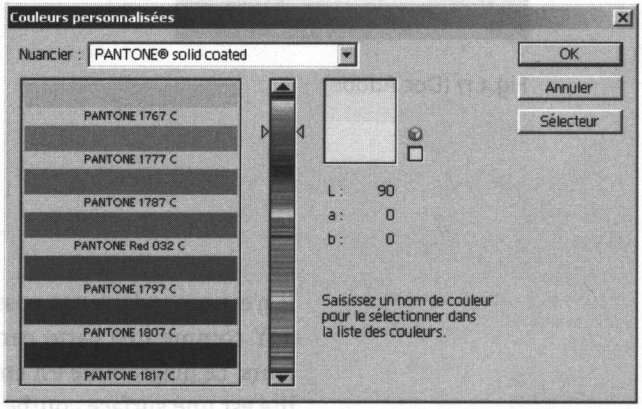


Fig.3.16

donne une palette Internet de 216 couleurs qui ne trament pas sur un écran 8 bits (256 couleurs).

3.7. Le modèle CIE xyY

Le système de couleur CIE XYZ développé par la Commission Internationale de l'Éclairage depuis 1931 a donné naissance par la suite à d'autres systèmes dont les plus connus sont CIE xyY, CIE Lab et CIE Luv. Ces systèmes permettent de représenter la couleur de façon indépendante de tout périphérique. Le système CIE xyY constitue une normalisation du système initial CIE XYZ. Dans ce système, une couleur est définie par sa chromacité (*x,y*) et sa luminance *Y*. Les *x* et *y* sont les coordonnées chromatiques auxquelles on associe une couleur sans brillance. Cela est utile entre autres pour traiter des couleurs « pures ». Toutes les couleurs situées à la périphérie du diagramme sont des couleurs pures, repérées par leurs longueurs d'onde, et la droite reliant les deux extrémités du spectre se nomme « droite des pourpres ». Le diagramme de chromaticité permet en outre de calculer la saturation d'un échantillon, par rapport au blanc parfait situé aux coordonnées x = 0,3333 et y = 0,33333 (fig.3.17 – 3.18).

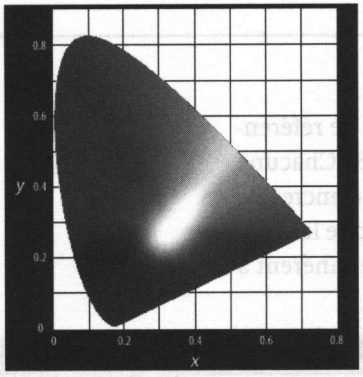


Fig.3.17 (Doc Adobe)

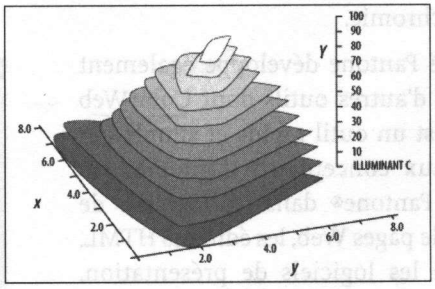


Fig.3.18 (Doc Adobe)

Il n'est cependant pas possible d'employer le diagramme de chromaticité xyY comme une carte permettant de montrer les rapports entre les couleurs. Le diagramme est en effet une représentation plane de ce qui en réalité est une surface courbe. Ainsi, comme une carte illustrant la projection

Mercator du monde, certaines parties sont visuellement distordues par rapport à d'autres. Ainsi, pour certaines couleurs, des écarts égaux semblent plus étendus dans la partie verte du diagramme qu'ils ne le sont dans la partie rouge ou violette. Cette constatation est illustrée dans le diagramme de la figure 3.19. Chaque ligne y représente une différence de couleur dans des proportions égales. Comme vous pouvez le constater, la longueur des lignes change assez considérablement, selon la position dans le diagramme.

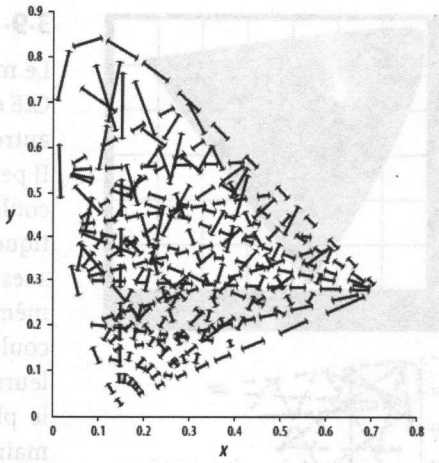


Fig.3.19
(Doc Adobe)

3.8. Le modèle CIE Luv

Pour corriger les problèmes des diagrammes XYZ ou xyY la CIE a appliqué une série de formules pour transformer les valeurs de XYZ ou les coordonnées x,y en un nouvel ensemble de valeurs (u,v) permettant d'obtenir un modèle bidimensionnel visuellement plus précis. En 1960, la CIE a adopté ainsi le diagramme de chromaticité CIE Luv. Comparé aux diagrammes précédents on assiste à une extension des parties bleu-rouge du diagramme et au remplacement de l'illuminant (ou le point blanc) pour diminuer la disparité visuelle avec la partie verte (fig.3.20).

Cependant, cette première transformation a encore été considérée comme insuffisante et en 1975, la CIE a proposé de modifier le diagramme Luv en diagramme Lu'v'. Ceci a été fait en multipliant les valeurs de v par 1,5. Ainsi dans le nouveau diagramme u ' = u et v ' = 1,5 v . Le diagramme résultant a été adopté en 1976 et donne une bonne uniformité visuelle (fig.3.21). Il est principalement utilisé pour les systèmes lumineux comme la photographie et la télévision.

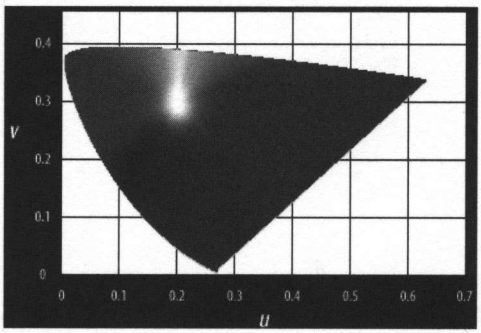


Fig.3.21 (Doc Adobe)

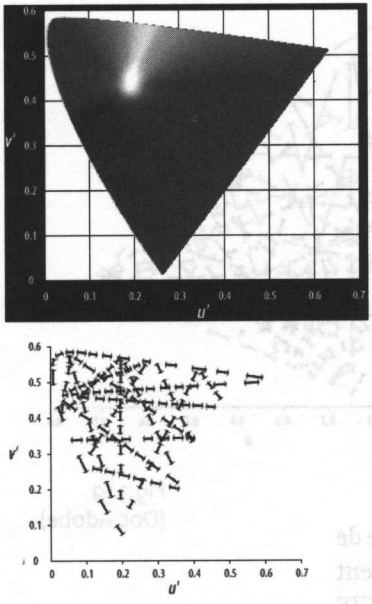


Fig.3.21 (Doc Adobe)

3.9. Le modèle CIE Lab

Le modèle CIE Lab est le second des deux systèmes adoptés par la CIE en 1976. Il fournit un espace coloré uniforme permettant entre autres de communiquer des différences visuelles entre les couleurs. Il permet de traiter les objets non lumineux comme les textiles, les couleurs couvrantes (peinture, imprimerie) et les objets de plastique. Dans le modèle CIE Lab les couleurs sont définies selon deux axes (a,b) de coordonnées à angle droit. Le plan ainsi défini est lui-même perpendiculaire à l'axe achromatique (L). L'espace unifié de couleurs ainsi défini est naturellement construit sur les quatre couleurs psychologiques fondamentales : rouge , vert, bleu et jaune que le physiologiste Ewald Hering a décrites en 1878 comme « primaires » dans sa théorie des complémentaires et dont nous savons aujourd'hui qu'elles sont directement transmises au cerveau.

L'axe « a » s'étend du vert (-a) au rouge (+a) et l'axe « b » du bleu (-b) au jaune (+b). L'échelle des valeurs s'étend sur ces axes de –100 à +100. La luminosité (L) augmente du bas (blanc), valeur 0, vers le haut (noir), valeur 100 (fig.3.22).

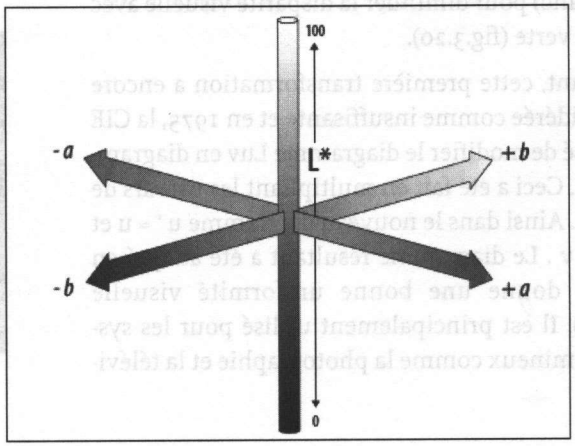


Fig.3.22

4. Simulation de la couleur

S'il est possible de scanner une image couleur avec une gamme de 16,7 millions de teintes, et de reproduire celle-ci avec les mêmes nuances sur un écran équipé d'un contrôleur adéquat, il faut bien reconnaître que l'imprimerie classique, comme certaines imprimantes couleur et les contrôleurs d'écran ayant une palette de couleurs limitées, ne peuvent imprimer ou afficher directement ces multiples nuances de couleurs du document original. Pour résoudre ce problème, il existe des techniques de traitement de l'image permettant de simuler, pour l'observateur, l'intégralité des teintes contenues dans l'original.

En imprimerie traditionnelle, le procédé s'appelle « Similigravure » ou « Tramage demi-tons » ou encore « Halftoning » en anglais. Cette technique consiste à transformer les surfaces à tons continus (comme en photographie) en un ensemble de surfaces à points de grandeurs différentes. En faisant varier la grandeur des points, on crée l'illusion de différentes teintes du noir au blanc en passant par les gris. Dans le cas de documents couleur, la juxtaposition des points du jaune, du magenta et du cyan permet d'obtenir une image couleur (voir point 5).

Dans la technique numérique, c'est-à-dire avec l'emploi des outils informatiques, on utilise habituellement trois méthodes différentes selon les caractéristiques du périphérique envisagé et en fonction du résultat à obtenir :

- le tramage demi-tons (Halftone) ;
- le tramage ordonné (Ordered Dithering) ;
- le tramage avec diffusion de l'erreur (Error diffusion Dithering).

Ces techniques ne sont pas nécessaires dans le cas d'une image au « trait » ou d'une image constituée d'aplats colorés.

Si le tramage « demi-tons » convient parfaitement pour simuler la couleur sur des périphériques « Haut de gamme », la technique du « dithering » permet de simuler celle-ci sur des périphériques plus « pauvres ».

4.1. Le tramage « demi-tons » (Halftone)

Il s'agit de la méthode la plus simple, mais aussi la plus exigeante, qui consiste à simuler de manière numérique le procédé traditionnel des trames demi-tons utilisées en similigravure. C'est à Holaday que l'on doit les premières implémentations de cette technique. Le principe en est simple. En effet, on regroupe un certain nombre de « pixels » correspondant à la saisie par scanner, par exemple, en cellules de points ou « screen-dot ». Le nombre de niveaux de gris qu'il est ensuite possible de reproduire dépend de la taille de la cellule. Ainsi, avec une cellule de 2x2 « pixels », il est possible de générer 4 niveaux de gris. Selon le même raisonnement, on a les équivalences suivantes :

Cellule 4x4	16 niveaux de gris
Cellule 5x5	25 niveaux de gris
Cellule 6x6	36 niveaux de gris
Cellule 8x8	64 niveaux de gris
Cellule 16x16	256 niveaux de gris

C'est ensuite le dosage entre les points blancs et les points noirs, au sein d'une même cellule, qui définit le niveau de gris de celle-ci. Dans le cas de la couleur, la procédure est identique pour chaque couleur C, M, Y.

Il est important de souligner que plus on gagne en niveaux de gris, plus on perd en définition, en considérant, bien sûr, le type d'impression comme identique. Ainsi, dans le cas d'une impression sur imprimante laser d'une définition de 300 dpi (dots per inch ou points machine), il n'est pas possible d'avoir à la fois une haute définition et un nombre satisfaisant de niveaux de gris. En effet, si avec une cellule de 8x8 points machine, on peut obtenir 64 niveaux de gris, l'imprimante ne reproduira que 37,5 (300 :8) cellules par pouce ("linéature de trame »), ce qui correspond à une simulation de gris très grossière (fig.3.23). En effet, dans le cas des magazines, par exemple, on

utilise une linéature de trame de l'ordre de 150 lpi (lines per inch). Ce qui dans le cas de notre imprimante 300 dpi ne donnerait que 4 niveaux de gris disponibles. Pour avoir les 256 niveaux souhaités, il faudrait augmenter la définition à 2400 dpi (16x150). Dans le cas contraire on obtient des effets non désirés comme l'apparition de « bandes » dans les dégradés (banding).

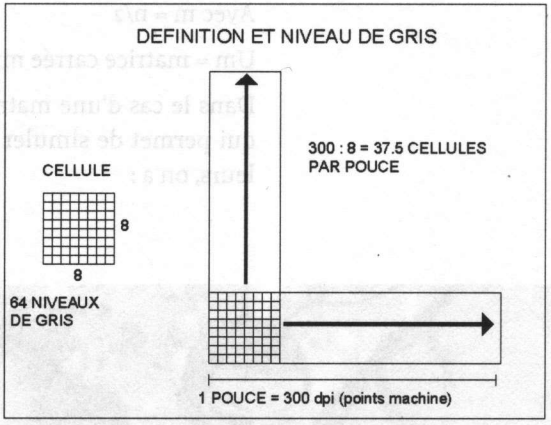


Fig.3.23

Pour néanmoins avoir un résultat plus acceptable avec une définition moindre, deux autres techniques, dénommées « dithering », sont utilisées pour assurer un meilleur dégradé et éviter ainsi toute transition brutale entre les couleurs.

4.2. Le tramage « Ordonné » (Ordered Dithering)

Le tramage « ordonné », encore dénommé « ordered dithering » ou « pattern dithering », fait appel à une sorte de motif répétitif (le « pattern ») qui recouvre l'image de base. Ce motif peut se matérialiser sous la forme d'une cellule ou d'une matrice qui contient tous les niveaux d'intensité intermédiaires. Pour une matrice 8x8 on peut simuler 64 niveaux d'intensité. Le principe consiste à comparer les niveaux de gris de l'image de base avec le motif. Ainsi dans le cas de notre exemple, chaque bloc (8x8) de l'image est comparé avec les valeurs de la matrice. Si l'intensité du « pixel » de l'image est supérieure à la valeur correspondante dans la matrice, le « pixel » apparaîtra blanc dans l'image résultante. Dans le cas contraire, il apparaîtra noir. La technique est identique en couleur. La principale implantation de cette technique est due à Bayer. L'élément important dans ce procédé réside dans la configuration de la matrice elle-même. Celle-ci peut être représentée sous la forme :

Dn =	4 Dm	4 Dm + 2 Um
	4 Dm + 3 Um	4 Dm + 3 Um

Avec m = n/2

Um = matrice carrée mxm dont tous les éléments sont égaux à 1.

Dans le cas d'une matrice 4x4, qui permet de simuler 16 couleurs, on a :

D4 =				
	0	8	2	10
	12	4	14	6
	3	11	1	9
	15	7	13	5

Fig.3.24

Cette technique permet d'éviter la perte de définition et les effets de « bandes » (banding) du tramage demi-tons. Elle est également utilisée dans le cas de l'affichage d'une image couleur 24 bits (16,7 millions de couleurs) sur un écran ne supportant que 256 couleurs. Le rendu de l'image avec cette méthode se reconnaît facilement avec l'apparition de motifs géométriques (fig.3.24).

4.3. Le tramage avec « Diffusion de l'erreur » (Error Diffusion Dithering)

Cette technique est basée sur une diffusion plus ou moins aléatoire de l'erreur commise lors de la conversion de l'intensité réelle du point en un point blanc ou noir. En effet, cette conversion, qui se fait en comparant l'intensité du point à une certaine valeur appelée « seuil », produit à chaque fois une erreur d'estimation qu'il convient d'atténuer. La méthode proposée la première fois par R.W. Floyd et L. Steinberg en 1975, tente de corriger cette erreur en la répartissant sur les voisins du point où elle se produit. Elle fonctionne de la manière suivante : l'erreur entre l'intensité d'un pixel « X » et

le seuil entre le blanc et le noir est divisée en 16 parties qui sont réparties de la manière suivante :

	X	+ 7
+ 3	+ 5	+ 1

- 7/16 de l'erreur sont ajoutés au pixel situé à droite de X ;
- 3/16 de l'erreur sont ajoutés au pixel situé à gauche et en bas de X ;
- 5/16 de l'erreur sont ajoutés au pixel situé en dessous de X ;
- 1/16 de l'erreur est ajouté au pixel situé à droite et en bas de X.

Après avoir réalisé cette opération pour un pixel, on recommence le processus pour toute l'image.

D'autres algorithmes, comme ceux de Stucki ou Burkes, élargissent la méthode de Floyd-Steinberg en répartissant l'erreur sur un plus grand nombre de pixels.

Les résultats obtenus par cette technique sont très bons, et le rendu de l'image se reconnaît facilement par l'aspect granuleux de cette dernière (fig.3.25).

Le « dithering » pouvant être utilisé autant au niveau de l'impression que de l'affichage à l'écran, il convient d'être vigilant, car les deux traitements peuvent entrer en conflit et leur double action peut conduire à l'apparition d'étranges phénomènes, sur les documents imprimés.

Fig.3.25

5. Du tramage traditionnel au tramage numérique

5.1. Introduction

Les images de la réalité qui viennent s'imprimer sur notre rétine ou qui sont captées par un appareil photographique, comportent une infinité de couleurs et, suivant le cas, de niveaux de gris. Il s'agit d'images en « tons continus » (continuous tone).

En imprimerie classique comme dans la plupart des techniques numériques d'impression, il n'est pas possible de reproduire directement cette variété de nuances. Il est dans ce cas fait appel à un procédé appelé « demi-tons » (halftone) qui permet de simuler ces teintes (ou niveaux de gris) grâce à l'utilisation d'une fine trame de petits points. Il est intéressant, à ce stade, de faire la distinction entre le tramage traditionnel et numérique :

- **Le tramage traditionnel :** En imprimerie traditionnelle, le tramage est réalisé par un procédé opto-mécanique. On utilise en effet, dans ce cas, une trame mécanique qui peut être soit en verre (glass screen) ou sous la forme d'une émulsion photographique (contact screen) (fig.3.26). Pour des raisons de coût et de fragilité, on utilise principalement la trame de contact. Celle-ci est insérée entre le document original et le film à insoler (fig.3.27). La lumière passe à travers la trame de contact et expose le film. Cette opération a pour effet de former les « points de trame » (halftone dots) sur le film. La grosseur des points ainsi engendrés est fonction de la quantité de lumière qui passe à travers le filtre que constitue la trame de contact : à une zone claire de l'image originale correspond des points de petite surface et inversement (fig.3.28).

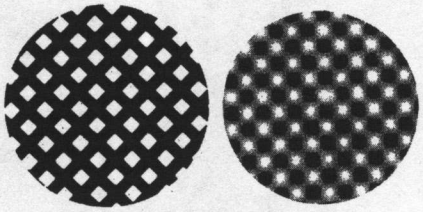


Fig.3.26

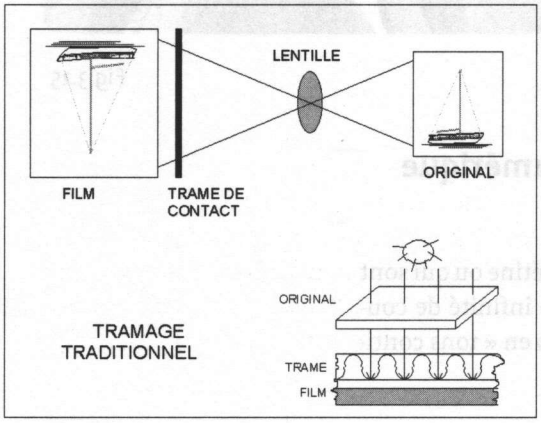


Fig.3.27

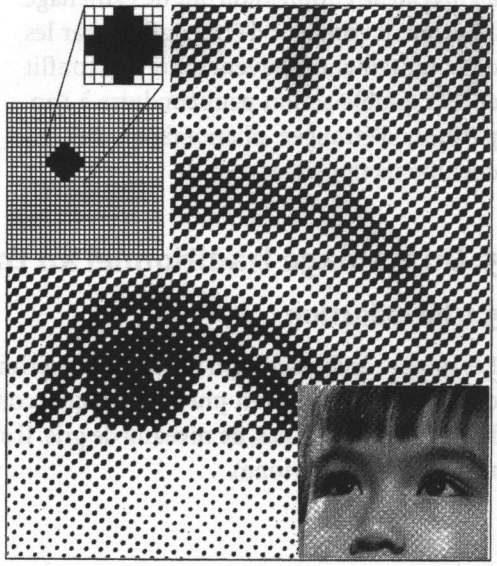


Fig.3.28 (Doc. Kodak)

► **Le tramage numérique :** Dans le cas du tramage numérique, il n'est pas possible de reproduire des « points de trame » de tailles différentes. Les « flasheuses » ne peuvent en effet pas moduler la taille du faisceau laser, et donc celle des points imprimés sur le film. Pour remédier à ce problème, il est fait appel, comme nous l'avons déjà évoqué dans le point 4, à des « cellules » (halftone cels) regroupées sur une grille (recorder grid). Le remplissage plus ou moins important de chacune de ces cellules permet d'obtenir des points de trame de tailles différentes. Dans le cas de la figure 3.29, chaque cellule est constituée de 8x8 points (spots), ce qui permet d'obtenir 64 niveaux de gris.

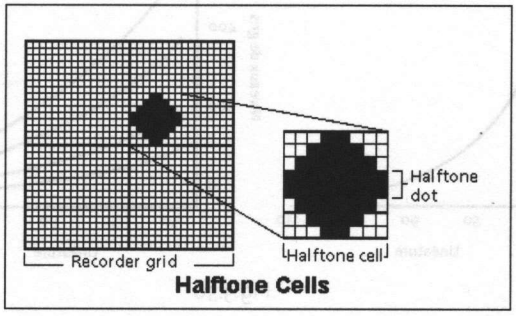


Fig.3.29 (Doc.Agfa)

5.2. Caractéristiques des trames

Une trame se caractérise habituellement par trois paramètres : la linéature (frequency), l'orientation (screen angle) et la forme des points (dot shape).

La linéature de trame

La qualité de la reproduction d'un document en demi-tons est liée à la finesse de la trame utilisée. Celle-ci se mesure en termes de linéature : nombre de lignes par pouce (LPI). Elle correspond en fait au nombre de cellules par pouce. Il est important de ne pas confondre cette finesse avec la définition de l'écran ou d'une imprimante qui s'exprime en pixels par pouce (dpi).

Plus une trame a une linéature élevée, plus elle permet de reproduire des détails fins. Par contre, pour une définition d'imprimante donnée, plus la linéature augmente, plus le nombre de niveaux de gris diminue (fig.3.30). Les formules ci-contre permettent de déterminer le type de « demi-tons » que le périphérique de sortie peut produire, avec L= linéature, R= définition de sortie, G= niveaux de gris , +1= le blanc.

$$L = \frac{R}{\sqrt{G-1}} \qquad \left(\frac{R}{L}\right)^2 + 1 = G$$

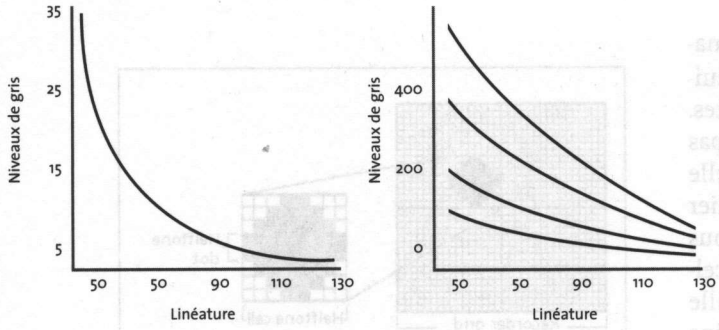


Fig.3.30

Ainsi, si l'on souhaite produire une image avec 64 niveaux de gris (cellule 8x8) et si la définition de sortie est de 300 dpi, la linéature (L) sera de 37,97 (300/7,93). A l'inverse, la deuxième formule permet de calculer le nombre de niveaux de gris en fonction d'une résolution donnée.

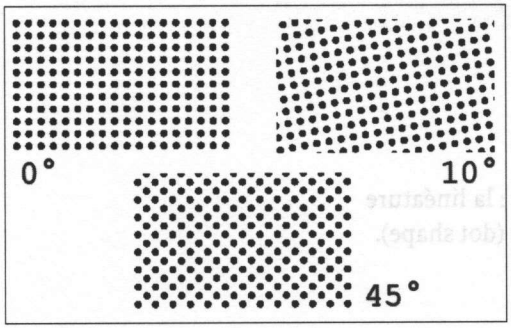


Fig.3.31 (Doc. Agfa)

L'orientation des trames

La linéature n'est pas le seul élément important qui entre en jeu pour la production de documents en demi-tons, il faut en effet également tenir compte de l'orientation des trames.

Dans le cas de l'utilisation d'une seule trame, le motif engendré par celle-ci est plus ou moins visible optiquement selon son orientation. C'est à 45° que ce motif est le moins perceptible, d'où l'utilisation de cette valeur dans la reproduction des images demi-tons en noir et blanc (fig.3.31).

Dans le cas de la superposition de deux ou plusieurs trames, il se produit souvent un effet visuel parasite nommé « moirage » ou « moiré ». Celui-ci apparaît lorsque les trames sont mal orientées (fig.3.32).

Le moirage devient invisible lorsque les trames forment entre elles un angle multiple de 30°. Cette valeur n'est pas arbitraire mais a été déterminée expérimentalement.

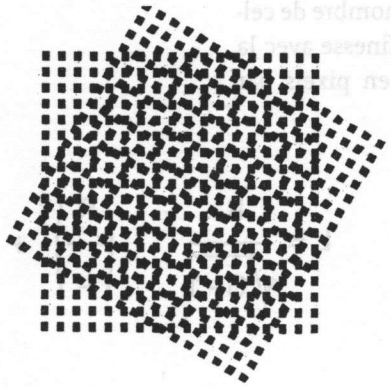


Fig.3.32 (Doc. Agfa)

La forme des « points de trame »

Les formes de points de trame habituellement utilisées sont rondes, carrées, elliptiques ou en losange (fig.3.33).

Le choix de la forme dépend des préférences de l'utilisateur et des caractéristiques du document original. Une forme carrée convient par exemple mieux pour la reproduction de détails très fins. Une forme ronde ne convient pas pour des originaux sombres ou très détaillés. Les originaux étant rarement uniformes, les principaux constructeurs offrent actuellement, dans leur système, une fonction permettant de changer automatiquement et électroniquement la forme du point en fonction des caractéristiques des différentes zones de l'original.

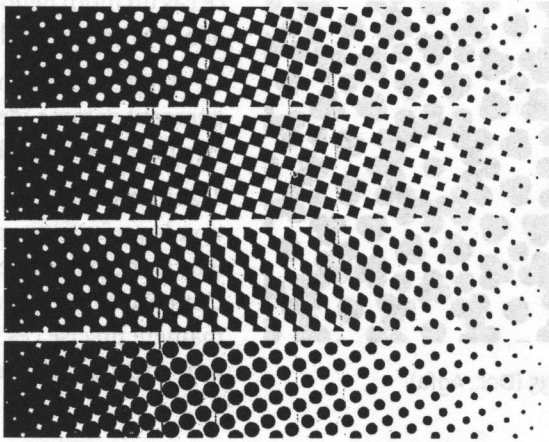


Fig.3.33 (Doc. Agfa)

5.3. La sélection des couleurs en quadrichromie

La production d'une image en couleur est obtenue, en imprimerie, d'abord par une sélection des couleurs qui consiste à extraire du document original les trois couleurs de base : cyan, magenta et jaune qui le composent (+ le noir pour améliorer le contraste) et ensuite par une reproduction de chacune de ces images filtrées sur un film noir et blanc, à travers une trame (fig.3.34).

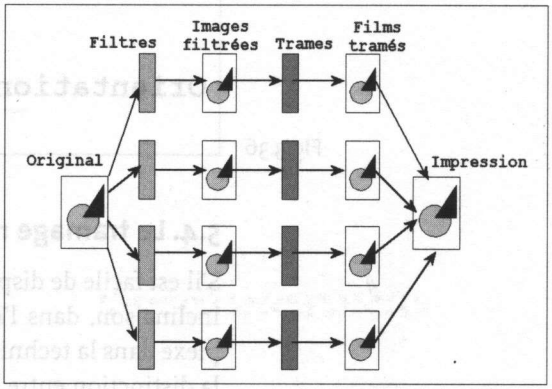


Fig.3.34

Cette technique utilise donc quatre trames. Pour éviter le phénomène de moirage, il est essentiel que les différentes trames du cyan, du magenta, du jaune et du noir forment entre elles des angles de 30°. Cette valeur n'est pas arbitraire mais elle correspond, après expérimentation, à une atténuation du moiré. On voit néanmoins apparaître dans

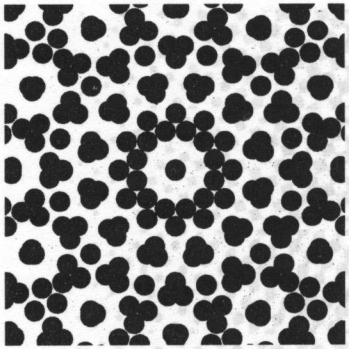


Fig.3.35 (Doc. Agfa)

ce cas un motif dénommé « rosette », qui est en fait une sorte de moiré mais dont l'avantage est d'être agréable pour l'œil (fig.3.35).

La première trame ne peut être positionnée à 0°, car elle apparaîtrait optiquement comme identique à celle placée à 90°. Une des trames devra donc être placée à un angle intermédiaire.

Traditionnellement, on place le noir (couleur la plus visible) à 45° (orientation la moins perceptible), le cyan à 15°, le magenta à 75° et le jaune (couleur la moins visible) à 0° ou 90° (orientation la plus perceptible) (fig.3.36). L'important au niveau du tramage numérique est de pouvoir respecter de manière précise ces valeurs d'angle utilisées traditionnellement et d'éviter tout effet de moirage.

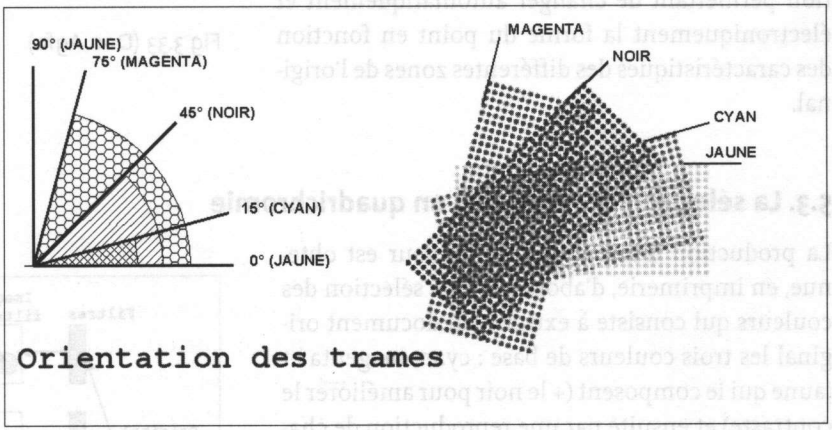


Fig.3.36

5.4. Le tramage rationnel et irrationnel

S'il est facile de disposer correctement les différentes trames avec la bonne inclinaison, dans l'imprimerie traditionnelle, le problème est plus complexe dans la technique numérique. Il convient dans ce dernier cas de faire la distinction entre le tramage rationnel (rational screening) et le tramage irrationnel (irrational screening).

Avant d'aller plus loin, il peut être intéressant de se rappeler quelques notions mathématiques. Ainsi qu'est-ce qu'un nombre rationnel ? Il s'agit d'un nombre qui peut être exprimé par le quotient de deux entiers, par exemple 45/180 = 0.25 = 1/4. Et un nombre irrationnel ? Il s'agit d'un nombre réel qui ne peut s'écrire comme le quotient de deux entiers (ex : Π, racine de 2,...). Par extension, on parle de tangente rationnelle quand le résultat est un nombre rationnel qui représente le rapport du côté opposé et du côté adjacent (fig.3.37).

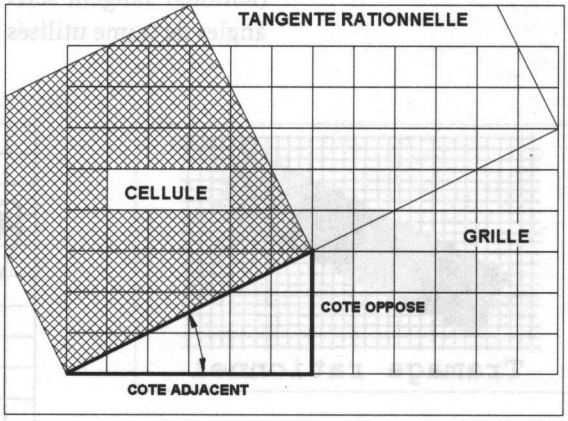


Fig.3.37

Le tramage rationnel

Si l'on considère à nouveau le principe du tramage numérique, nous avons vu que les points de trame (halftone dots) sont formés au sein de cellules (halftone cels) et que celles-ci sont composées de pixels répartis sur une grille (recorder grid). Dans le cas d'une trame rationnelle, les « coins » de chaque cellule coïncident avec des « coins » de la grille. La projection des côtés de la cellule, sur les axes horizontal et vertical, correspond à un nombre entier de pixels, ce qui implique que leur tangente est un nombre rationnel. C'est pourquoi une telle trame est dite « rationnelle ». Dans ce cas, toutes les cellules sont identiques en forme et en nombre de pixels (fig.3.38).

L'avantage de ce type de tramage réside dans la facilité de définition des différents points de trame (fonction « spot » de PostScript) et dans la limitation de la puissance de calcul nécessaire. Le désavantage réside dans le fait que cette technique ne permet qu'un nombre réduit d'angles de trame et de linéatures. Il est possible dans ce cas de modifier les angles de trame, pour lesquels les coins des cellules ne correspondent pas à des coins de la grille, en les arrondissant à la valeur rationnelle la plus proche (fig.3.39). Cette technique est utilisée par PostScript et porte le nom de tramage RT

(Rational Tangent screening). Elle ne permet cependant pas d'obtenir les angles de trame utilisés traditionnellement.

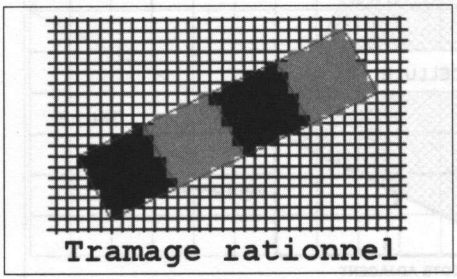


Fig.3.38 (Doc. Agfa)

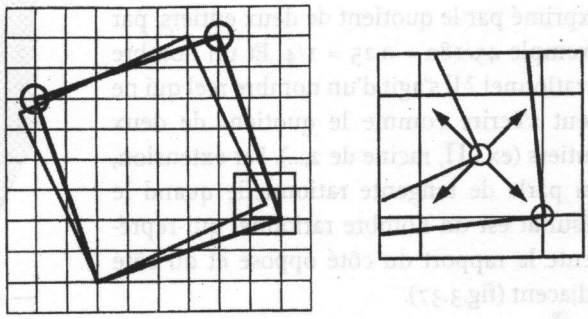


Fig.3.39 (Doc. Agfa)

Le tramage irrationnel

Dans ce cas les coins des cellules ne coïncident pas avec les coins de la grille. De plus la tangente de leur angle ne peut être exprimée par le quotient de deux nombres entiers (les pixels de la grille).

Avec les trames irrationnelles, les cellules sont de forme différente et le nombre de pixels est variable (fig.3.40).

Cette technique offre l'avantage d'avoir beaucoup plus de possibilités au niveau du choix des angles de trame et des linéatures. Par contre, chaque point de trame doit être calculé individuellement, ce qui nécessite une puissance de calcul beaucoup plus importante que dans le cas du tramage rationnel. De plus, la génération des points de trame par la fonction « spot » peut présenter certaines erreurs inhérentes à l'échantillonnage (sampling) sous un angle irrationnel.

Pour remédier à ces différents problèmes propres au tramage numérique, plusieurs nouvelles méthodes ont été développées par les constructeurs. Il s'agit principale-

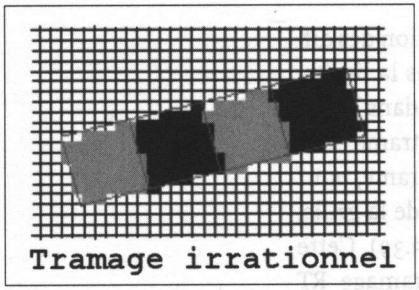


Fig.3.40 (Doc. Agfa)

ment de systèmes tels que High-Quality Screening (HQS) de Linotype/Hell, Agfa's Balanced Screening Technology (ABS) d'Agfa ou AM Fine Tuning (AFT) d'AM (fig.3.41).

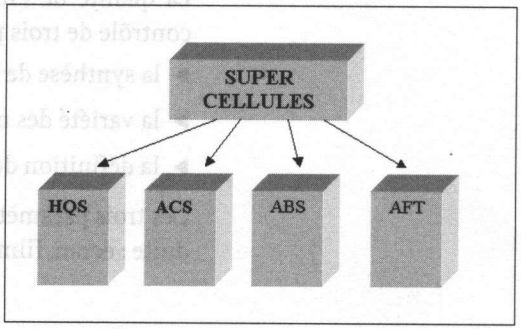


Fig.3.41

Ces différentes méthodes font appel au principe des « super cellules » (supercells). Dans ce cas on ne calcule plus les points de trame, cellule par cellule, mais on regroupe plusieurs cellules au sein d'une « super cellule ». Si les coins des cellules prises individuellement ne correspondent pas toujours avec les coins de la grille, les coins des super cellules correspondent parfaitement (fig.3.42). Avec cette technique les angles de trame sont très proches des valeurs traditionnelles et les linéatures sont quasiment similaires pour les différents angles de trame.

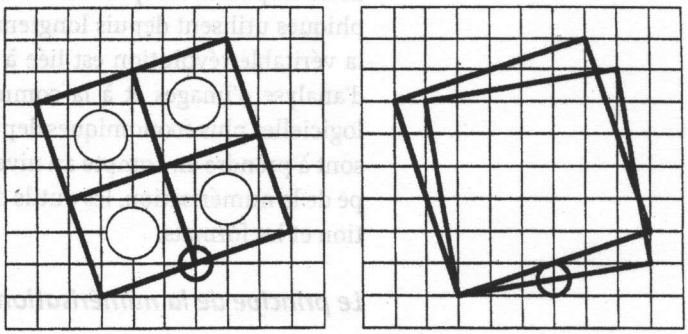


Fig.3 .42 (Doc. Agfa)

6. Production de la couleur en informatique

L'utilisation de la couleur en infographie nécessite avant tout et outre son acquisition de pouvoir afficher et reproduire celle-ci avec toutes les nuances souhaitées et avec la plus grande fidélité.

Les différents procédés utilisés sont principalement issus des domaines suivants :

- la vidéo : écran graphique et TV ;
- la photographie : film transparent positif ou négatif ;
- l'imprimerie : impression papier.

La qualité de l'image couleur ainsi produite dépend principalement du contrôle de trois paramètres :

- la synthèse de la couleur en elle-même ;
- la variété des nuances disponibles ;
- la définition de l'image.

Ces trois paramètres sont dépendants du support sur lequel l'image est produite : écran, film ou papier.

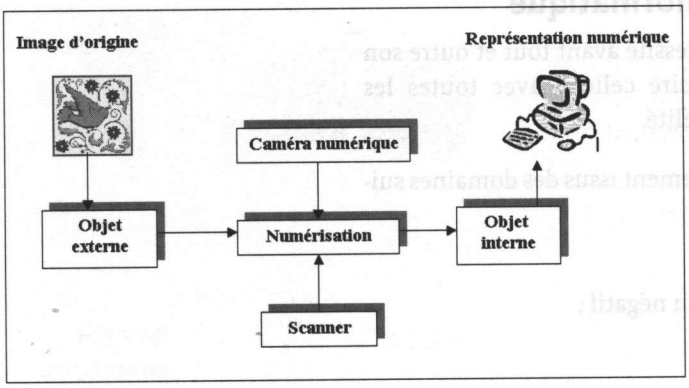
6.1. L'acquisition de la couleur

L'acquisition d'images constitue un des maillons essentiels de toute chaîne de conception et de production d'images. Si les professionnels des arts graphiques utilisent depuis longtemps des scanners couleur de haute qualité, la véritable révolution est liée à l'industrialisation de nouveaux procédés d'analyse d'images et à la commercialisation de solutions matérielles et logicielles plus économiques depuis une dizaine d'années. Plusieurs aspects sont à prendre en compte au niveau de la numérisation, à savoir : le principe de la numérisation, les outils de numérisation, la qualité de la numérisation et les formats.

Le principe de la numérisation

Pour pouvoir manipuler une image sur un système informatique, il est avant tout nécessaire de lui faire subir une transformation qui la rendra lisible et manipulable par ce système. Le passage de cet objet externe (l'image d'origine) à sa représentation interne (dans l'ordinateur) se fait grâce à une procédure de numérisation qui consiste à transformer l'image de base en une mosaïque de points, encore dénommés « pixels », puis à convertir ceux-ci en nombres binaires, seuls éléments compréhensibles par l'ordinateur (fig.3.43).

Fig.3.43



L'image ainsi traduite en nombre et stockée en mémoire peut ensuite être décodée à nouveau par le système informatique pour être affichée à l'écran ou imprimée sur une imprimante.

Cette procédure de numérisation consiste à mesurer point par point la quantité de lumière transmise ou réfléchie du document à l'aide de capteurs qui sont des cellules photoélectriques qui transforment l'énergie lumineuse reçue en énergie électrique. La lecture de ces signaux donne naissance à un signal vidéo (analogique) qui sera ensuite converti pour générer dans l'ordinateur des informations numériques binaires.

Plusieurs technologies de capteurs sont disponibles :

- la technologie CCD, en progrès constant ces derniers temps, équipe la plupart des scanners non professionnels, mais aussi les caméras et appareils photo numériques ;
- la technologie PMT équipe les scanners professionnels ;
- la technologie APT équipe les caméras de détection ;
- la technologie CIS équipe les appareils d'entrée de gamme.

La technologie CCD (Charged Couple Device) utilise des semi-conducteurs métal-oxydés. Chacun de ces capteurs transforme la lumière qu'il reçoit en signaux électriques qui sont ensuite numérisés par un convertisseur analogique – numérique. Suivant la nature du dispositif utilisé, les composants CCD sont implantés sous forme linéaire ou matricielle (fig.3.44) :

- CCD linéaires : Principalement utilisés dans les scanners, les différents éléments CCD sont alignés le long d'une barrette qui soit se déplace pas à pas, soit reste fixe. Dans ce dernier cas c'est le document qui défile devant la barrette. Dans les deux cas, l'acquisition des données se fait donc par un balayage ligne par ligne du document original.
- CCD matriciels : Principalement utilisés avec les caméras numériques, les éléments CCD sont disposés dans ce cas sous la forme d'une mosaïque rectangulaire.

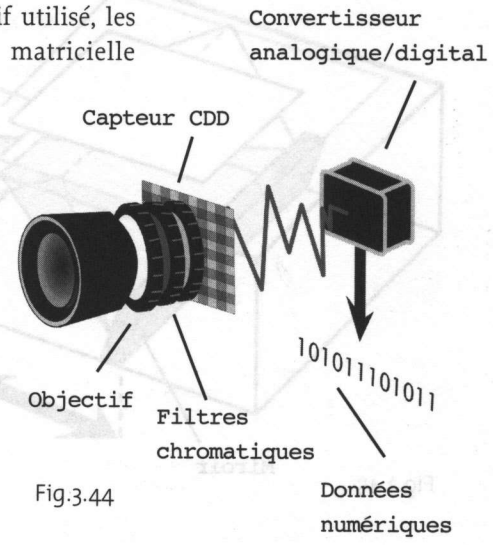


Fig.3.44

La technologie PMT (Photo-Multiplicateur-Tube) est utilisée pour les scanners à tambour, c'est-à-dire les scanners professionnels qui sont aussi les plus chers. Cette technologie utilise des tubes à vide qui détectent la lumière et convertissent les photons en électrons mais qui ont surtout la capacité d'amplifier le signal électrique des milliers de fois tout en conservant un rapport signal/bruit excellent. D'une grande précision, ces scanners permettent l'enregistrement d'un large éventail de densités, mais leur complexité rend leur fabrication et leur entretien plus coûteux que les capteurs CCD qui équipent la plupart des appareils actuels.

La technologie APT (Avalanche Photodiode Tube) est un peu à mi-chemin entre les deux technologies précédentes, et cela autant au niveau qualitatif que technologique. Elle est utilisée dans les caméras de détection ou d'analyse d'images.

La Technologie CIS (Contact Image Sensor) tend à remplacer la technologie CCD sur les appareils d'entrée de gamme. Le capteur est en général directement placé contre le document, sans l'utilisation du jeu de miroirs habituels. Il est donc constitué d'un seul bloc mobile contenant à la fois la source lumineuse et les capteurs (fig.3.45). Si cette technologie garantit un spectre coloré plus étendu et une grande fidélité chromatique, elle produit par contre des images moins nettes et moins lumineuses que la technologie CCD. Les scanners qui utilisent la technologie CSI sont ultra plats, plus légers et surtout bien moins chers à fabriquer.

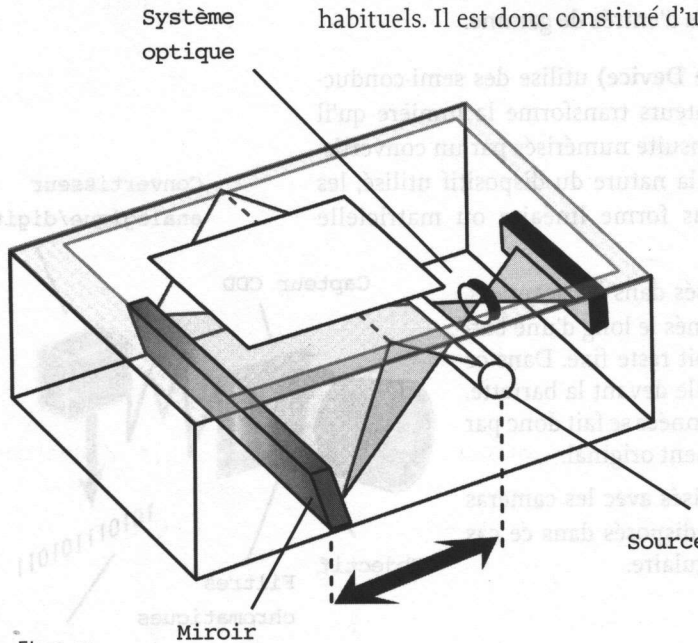


Fig.3.45

Les outils d'acquisition

Les systèmes de saisie, encore dénommés numériseurs optiques, peuvent être classés en deux catégories principales : les scanners et les appareils photo numériques.

Concernant les scanners, trois types principaux sont disponibles :

- **le scanner à plat de bureautique** : le document est posé sur une fenêtre (comme sur une photocopieuse), ce qui permet de digitaliser des images provenant d'un livre (fig.3.46). Certains scanners possèdent également en option un dispositif qui permet l'insertion feuille à feuille.
- **le scanner de diapositives** : les scanners à films analysent l'image par transparence et permettent donc de numériser les négatifs et diapositives. Le document est éclairé par transparence et se déplace devant les capteurs ou inversement. La résolution d'un bon scanner par transparence se situe entre 2500 et 3000 dpi. Les plus exigeants se tourneront vers les scanners films offrant une résolution de 4000 dpi (fig.3.47).
- **le scanner à tambour de photogravure** : l'original est monté sur un tambour et est analysé point par point après mise en rotation du système. Selon la nature de l'original, transparent ou opaque, le scanner travaille en transparence ou en réflexion. Dans les deux cas, la lumière est détectée ici par des tubes photomultiplicateurs et transformée en un signal électronique ou numérique (fig.3.48).

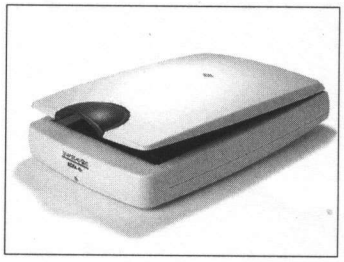


Fig.3.46 (Doc. Agfa)

Fig.3.47 (Doc. Nikon)

Le principe de base du fonctionnement d'un scanner est fort simple : le noir absorbe la lumière, le blanc reflète la lumière et les couleurs absorbent ou reflètent celle-ci selon des proportions variables. Le document scanné peut donc être converti en une image bitmap envoyée dans l'ordinateur. S'il s'agit d'une image, elle sera ensuite reprise par un logiciel graphique ; s'il s'agit d'un texte, il sera décortiqué par un logiciel de reconnaissance de caractères (OCR).

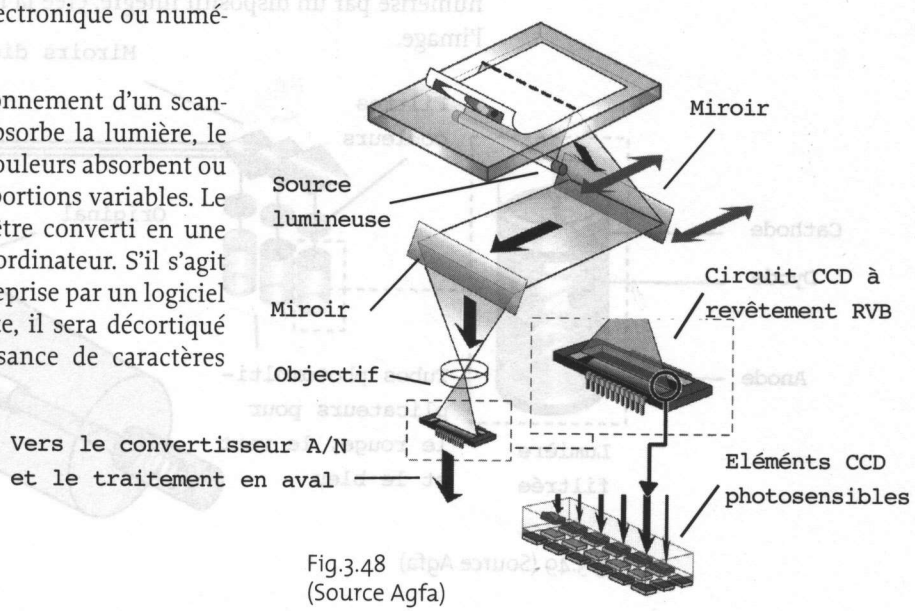


Fig.3.48
(Source Agfa)

D'une manière générale, un scanner à plat comprend deux parties intégrées dans un boîtier métallique commun :

- un système optique dont la technologie ressemble à celle du photocopieur.
- un ensemble électronique permettant de numériser le document.

Le système optique est constitué par une vitre anti reflet, de une ou deux lampes fluorescentes placées dans un chariot mobile, d'un jeu de trois miroirs, d'une lentille et d'une barrette CCD.

L'original est placé sur la vitre où il est éclairé par les lampes qui se déplacent progressivement. Le signal lumineux réfléchi par le document est renvoyé par les miroirs et focalisé par la lentille vers le capteur CCD qui convertit celui-ci en impulsions électriques (fig.3.49). Dans les deux cas, on fait appel à une cellule opto-électronique munie de récepteurs photosensibles, les « capteurs à transfert de charge », cellule encore dénommée CCD (Charge Coupled Device). Le principe de base du fonctionnement d'un scanner est fort simple : le noir absorbe la lumière, le blanc reflète la lumière et les couleurs absorbent ou reflètent celle-ci selon des proportions variables. Chaque photorécepteur mesure ainsi l'intensité de la lumière réfléchie et la traduit proportionnellement en un courant électrique qui, numérisé par un dispositif intégré, crée la représentation informatique de l'image.

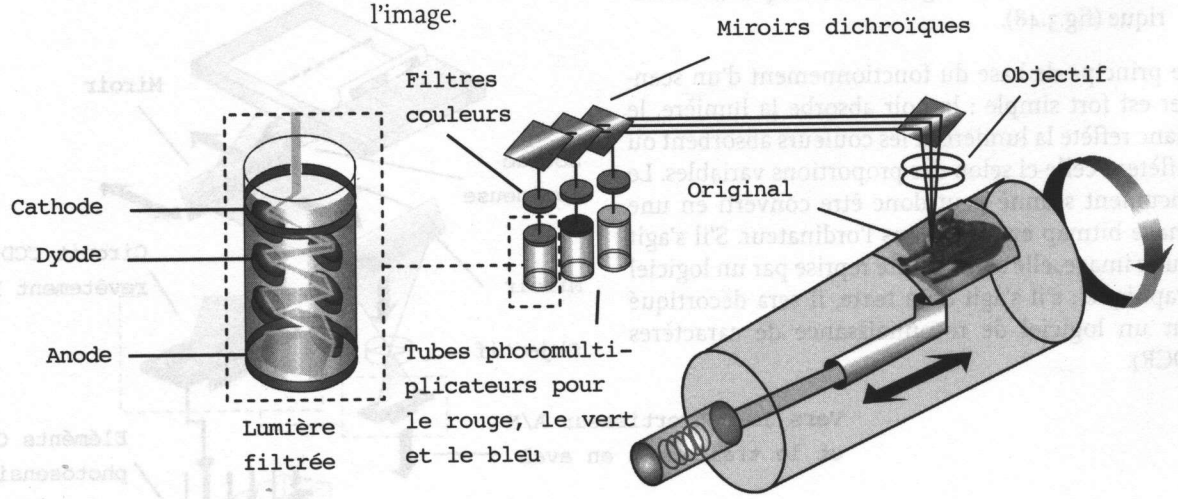


Fig.3.49 (Source Agfa)

Les caractéristiques d'un scanner

Plusieurs caractéristiques techniques doivent être prises en compte :

- **La résolution :** il faut distinguer d'une part la résolution optique du scanner et la résolution interpolée et, d'autre part, la résolution d'analyse :
  - **La résolution optique** : est une donnée intangible, fixe, qui caractérise la qualité du bloc optique du scanner. Elle dépend du nombre de capteurs et constitue la seule caractéristique réelle à prendre en compte.
  - **La résolution interpolée** : souvent mentionnée dans des notices commerciales, cette résolution n'est qu'un artifice par lequel le logiciel livré avec le scanner « crée » des données qui n'ont pas été vues au moment du balayage du document. Ces données ou pixels ne sont, bien entendu, pas ajoutés au hasard mais calculés par un logiciel en fonction des pixels voisins. La résolution interpolée est étroitement dépendante de la qualité du logiciel d'interpolation ainsi que du type d'image traitée.
  - **La résolution d'analyse** : c'est la résolution choisie par l'utilisateur (dans les limites de la résolution optique de l'appareil) en fonction de l'usage auquel il destine le document numérisé (voir plus loin dans le texte pour le calcul de la bonne résolution).
  - **La profondeur d'analyse :** la profondeur d'analyse indique le nombre maximum de bits par pixel analysé par le scanner. Un minimum de 8 bits par couleur est indispensable pour traiter et imprimer correctement les documents couleur. Les scanners haut de gamme offrent la possibilité de coder l'analyse sur 10 à 14 bits par couleur ce qui donne des systèmes à 30 – 42 bits. Ces données supplémentaires permettent d'obtenir des détails dans les zones sombres de l'image mais aussi de remédier éventuellement au bruit du CCD.
- **La dynamique (dynamic range)** : c'est un nombre caractérisant l'aptitude du scanner à séparer des niveaux de luminosité proches les uns des autres (niveaux de gris). Ce nombre est proportionnel au niveau maximum enregistrable par le scanner inversement proportionnel à la déviation standard due au bruit de fond. On l'exprime par une valeur logarithmique (de base 10).

- **La densité maximale (Dmax) et minimale d'analyse (Dmin)** : la gamme dynamique est une fonction logarithmique qui va d'une valeur 0 à une valeur 5 (anciennement de 0 à 4, mais du fait des progrès technologiques la valeur a été portée à 5). Zéro (0) représente une transmission à 100% (le blanc) et 5 représente une transmission de 0% (noir absolu). Un bon scanner à un Dmax situé entre 3 et 3.4. Un très bon scanner dépasse une valeur de 3.6. Le haut de gamme se situe à 4.5. Il y a également une valeur équivalente de Dmin mais elle est plus rarement utilisée car l'œil humain est moins sensible aux différences de niveaux situées près du blanc.
- **Le pilote du scanner** : trop souvent négligé, le logiciel de pilotage est pourtant essentiel. Son aptitude à analyser les informations reçues est capitale et déterminante en matière de détramage, de netteté et de productivité (voir plus loin dans le texte).

Choisir la bonne résolution de numérisation

Il n'existe pas de résolution idéale absolue pour le scannage d'une image car tout dépend de l'usage final de celle-ci : utilisation dans une page web, impression grand format, illustration d'un ouvrage de luxe...

L'affichage à l'écran

Les premiers Macintosh avaient un écran N&B de 9" avec une dimension en pixels fixe de 512*384. La résolution était à l'époque proche de 72 dpi et le système d'exploitation utilisait cette valeur pour la conversion de mesures physiques (pouces, points, centimètres, etc.) en mesure pixel. C'était le temps du vrai WYSIWYG. Les mesures étaient correctes et la couleur n'était pas encore à l'ordre du jour. Depuis lors les choses ont bien changé, les écrans sont devenus multi-fréquences et de taille diverses. Deux notions sont à prendre en compte (voir le paragraphe sur les écrans pour plus de détails) :

- **La résolution physique de l'écran** : elle caractérise la propriété matérielle de l'écran et s'obtient en divisant 1 pouce par la valeur du pitch.

Ainsi un écran avec un masque dont le pitch égale 0.26 donne une résolution de 97 dpi. La résolution de 72 dpi correspond à un écran avec un pitch de 0.35. Ce qui n'est plus le standard actuellement.

- **La définition de l'écran en pixels** : elle correspond à la résolution d'affichage à l'écran et dépend des caractéristiques de l'écran et de la carte graphique. La définition est le paramètre à prendre en compte pour le dimensionnement de l'image à l'écran. Ainsi une image de 400 pixels occupera plus ou moins la moitié d'un écran configuré en 800x600 pixels.

La résolution de numérisation pour un affichage à l'écran dépend donc de l'usage final :

- visualisation à l'écran comme dans une page Web, par exemple, une résolution entre 72 et 106 dpi est à prendre en compte ;
- visualisation à l'écran pour effectuer un traitement de l'image : il est utile de prendre une plus haute résolution en fonction du document source et de destination (voir plus loin dans le texte) quitte à la diminuer par la suite après la réalisation des différents traitements souhaités.

L'impression sur imprimante de bureau et presse Offset

La résolution d'une image est très étroitement liée au type de sortie que l'on souhaite utiliser pour présenter son travail. Par conséquent, il est préférable de définir ses exigences avant de procéder à la numérisation. On limitera ainsi le volume des données de l'image et on sera sûr que la résolution utilisée n'est pas trop faible. Une telle démarche présente toutefois un inconvénient. Dans le cas d'un nouveau travail impliquant une configuration différente, il faudra en effet procéder à une nouvelle numérisation et à de nouveaux traitements.

Si l'on projette d'apporter plusieurs modifications à l'original, il est recommandé de procéder à une numérisation « grandeur nature », d'effectuer ensuite les changements nécessaires, puis de sauvegarder cette version. Parallèlement, il est utile de créer une autre version correspondant exacte-

ment au type de sortie choisi. De cette manière, la vitesse d'impression n'est pas ralentie par un grand nombre d'informations superflues, et on se réserve la possibilité de procéder ultérieurement à d'autres paramétrages sur la version « non expurgée ».

La presse offset et un certains nombre d'imprimantes, comme les imprimantes laser, ne peuvent pas reproduire la couleur directement en mode demi-teintes. Elles utilisent face à cette impossibilité le procédé de tramage qui utilise des trames dont la résolution est définie par la linéature qui se mesure en lignes par pouce (lpp ou lpi). Pour obtenir de bons résultats à l'impression il convient de choisir la résolution de l'image en fonction de la résolution de trame du périphérique de sortie. Une règle simple (qui peut être transgressée) veut que l'on numérise à une résolution double de la linéature d'impression. Une image destinée à une impression en trame 150 devrait être scannée en 300 dpi.

Quelques formules sont ainsi utiles à connaître pour l'impression :

[Résolution de l'image (ppp)] = 2 x [linéature du périphérique de sortie (lpp)]
[Format d'impression (cm x cm)] = [taille de l'image (pixels x pixels) x 2.54 / [résolution (ppp)]
[Format de sortie] / [Format de l'original] = [Facteur d'agrandissement]
[Résolution de numérisation] = [Facteur d'agrandissement] x [Résolution de l'image]

On a ainsi par exemple :

Quel est le format imprimé d'une image de 1181x1771 pixels à 300 dpi ?

1181 : 300 = 3.9366 x 2.54 = 10 cm

1771 : 300 = 5.903 x 2.54 = 15 cm

Combien de pixels sont nécessaire pour avoir une image 20 x 30 à 300 dpi ?

20 : 2.54= 7.87 pouces et 7.87 x 300 = 2361 pixels

30 : 2.54=11.81 pouces et 11.81 x 300 = 3543 pixels

En général, l'équilibre est à trouver entre deux attitudes :

- On travaille sur des images à très haute résolution et on considère que le coût plus important en matériel, la lourdeur de stockage et la lenteur d'exécution sont inévitables.
- On privilégie la rapidité de traitement, la souplesse de l'archivage, la facilité d'exécution au détriment d'une qualité moins optimale.

Pour les imprimantes qui n'utilisent pas la technique de tramage, il est conseillé de tenir compte des instructions du constructeur car d'autres facteurs sont importants, comme la grosseur des gouttes d'encres par exemple. Dans le cas particulier d'Epson, la résolution d'image idéale est comprise entre 250 et 300 dpi. Cette résolution est tout particulièrement recommandée pour les photos de 20 x 30 cm qui sont regardées de très près. Pour les photos plus grandes, on part généralement du principe que la distance à laquelle elles sont regardées correspond à la taille du document. La résolution de l'image peut ainsi être plus faible, ce qui permet de générer un fichier de données moins volumineux. Par exemple, pour une photo de 60 x 80 cm, on peut parfaitement utiliser une résolution d'image de 200 dpi.

Il faut aussi tenir compte du fait que la résolution de l'image n'est pas celle de l'imprimante. Cette différence provient du mode de formation des images sur les imprimantes jet d'encre à la demande, telles que les imprimantes Epson Stylus. En principe, dans ce cas, un pixel ne peut être que cyan, magenta, jaune ou noir, ou bien encore de la couleur sortant de la buse de l'imprimante. Le mélange des couleurs s'effectue alors au niveau de l'œil. Dans les données, un pixel peut en revanche être une combinaison de plusieurs couleurs, et contenir par conséquent un plus grand nombre d'informations. Pour cette raison, la résolution nécessaire aux fichiers est bien plus faible que celle requise par l'imprimante pour générer une sortie de

qualité professionnelle. Les tableaux suivants, issus des données d'Epson, illustrent en détail les commentaires donnés juste avant :

Cas 1 : Photo imprimée ≤ 20 x 30 cm (A4) – Résolution d'image idéale = 250 - 300 dpi

Source de numérisation	Format de sortie	Résolution
Films négatifs/positifs 36 mm	10 x 15	1000 - 1200 dpi
Films négatifs/positifs 36 mm	20 x 30 (A4)	2200 - 2700 dpi
Film positif 4 x 5 pouces	10 x 15	250 - 300 dpi
Film positif 4 x 5 pouces	20 x 30 (A4)	500 - 600 dpi
Photo 10 x 15	10 x 15	250 - 300 dpi
Photo 10 x 15	20 x 30 (A4)	500 - 600 dpi
Photo 20 x 30	10 x 15	125 - 150 dpi
Photo 20 x 30	20 x 30 (A4)	250 - 300 dpi

Cas 2 : Photo imprimée ≤ 60 x 80 cm (A1) – Résolution d'image idéale = 200 dpi

Source de numérisation	Format de sortie	Résolution
Films négatifs/positifs 36 mm	30 x 40 (A3)	2400 dpi
Films négatifs/positifs 36 mm	40 x 60 (A2)	3600 dpi
Films négatifs/positifs 36 mm	60 x 80 (A1)	4800 dpi
Film positif 4 x 5 pouces	30 x 40 (A3)	500 dpi
Film positif 4 x 5 pouces	40 x 60 (A2)	750 dpi
Film positif 4 x 5 pouces	60 x 80 (A1)	1000 dpi
Photo 10 x 15	30 x 40 (A3)	500 dpi
Photo 10 x 15	40 x 60 (A2)	750 dpi
Photo 10 x 15	60 x 80 (A1)	1000 dpi
Photo 20 x 30	30 x 40 (A3)	300 dpi
Photo 20 x 30	40 x 60 (A2)	400 dpi
Photo 20 x 30	60 x 80 (A1)	600 dpi

Source de numérisation	Format de sortie	Résolution
Films négatifs/positifs 36 mm	80 x 120 (A0)	5500 dpi
Films négatifs/positifs 36 mm	100 x 150 (B0)	6750 dpi
Film positif 4 x 5 pouces	80 x 120 (A0)	1000 dpi
Film positif 4 x 5 pouces	100 x 150 (B0)	1500 dpi
Photo 10 x 15	80 x 120 (A0)	1000 dpi
Photo 10 x 15	100 x 150 (B0)	1500 dpi
Photo 20 x 30	80 x 120 (A0)	600 dpi
Photo 20 x 30	100 x 150 (B0)	750 dpi

Cas 3 : Photo imprimée ≤ 100 x 150 cm (B0) – Résolution idéale = 150 dpi

La numérisation des diapositives

La numérisation des diapositives est un cas particulier. En effet, il est rare de reproduire au format d'origine une diapositive de 24 x 36 mm. Un agrandissement de 250 à 600 % est fréquemment appliqué. Aussi, pour conserver une bonne qualité, il est indispensable de bénéficier d'une résolution très élevée. Une diapositive de 24 x 36 mm destinée à être imprimée en linéature de 150 lpp avec un taux d'agrandissement de 300 % sera de ce fait numérisée à la résolution de 900 ppp. Un scanner à plat de haut de gamme, offrant une résolution optique de 1000 à 1200 ppp, permet donc d'appliquer un taux d'agrandissement de 3,33 à 4 fois lors de l'impression (ce qui ramènera la résolution de l'image à 300 ppp et permettra l'emploi d'une trame de 150 lpp).

En général on utilise un scanner spécifique qui est dédié uniquement à la numérisation des négatifs et diapositives 35 mm (24x36) et de format inférieur avec adaptateur. Certains modèles acceptent les formats supérieurs (6x6, 6x7 cm) mais leur prix est considérablement plus élevé. Etant donné que le facteur de grandissement est important puisque le document d'origine est de petite taille, ces scanners ont une résolution optique d'au moins 2400 dpi afin de générer des fichiers qui permettent des impressions au format 20x30 cm et plus. Les négatifs sont glissés en bande de 6 vues dans un

passe-vues ; les diapositives sous caches sont soit insérées directement dans la fente d'analyse, soit glissées dans un passe-vues spécial. Le film est éclairé par transparence; selon les marques, le passe-vues défile entre la source de lumière et l'élément optique ou bien le film ne bouge pas et c'est le bloc optique qui se déplace. Certains modèles, évidemment les plus chers, peuvent recevoir des dispositifs accessoires d'alimentation automatique : chargeur pour une cinquantaine de diapositives sous caches ou système d'entraînement pour film en rouleau.

L'appareil photo numérique

La photographie numérique, qui tient son nom du fait que les photos sont obtenues non pas sur un film, mais un capteur, et numérisées, a été créée dans les années soixante. Le développement de cette technologie est lié à la NASA qui voulait recevoir les images des sondes (Voyager...) qui ne pourraient revenir sur terre après leur lancement. Comme ces sondes ne pouvaient pas envoyer de photos, ils décidèrent de trouver un autre support pouvant être transmis directement à la base terrestre. Ils inventèrent donc un capteur permettant de numériser les photographies prises par la sonde.

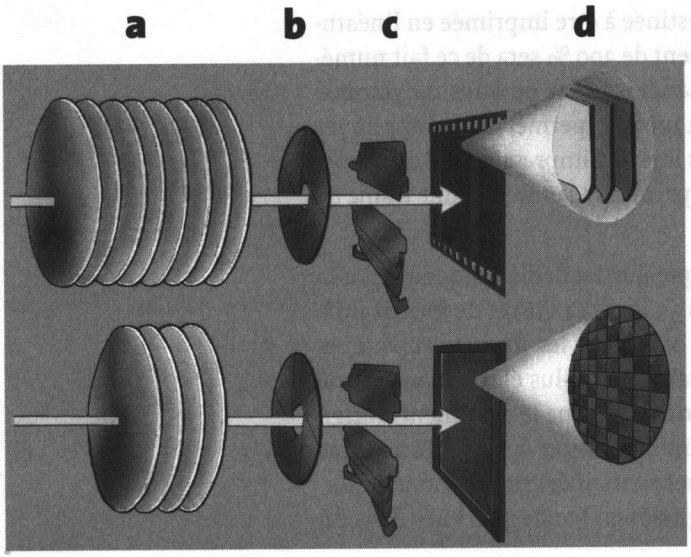


Fig.3.50 **a : optique** **c : obturateur**
b : diaphragme **d : capteur de lumière**

Le principe de base d'un appareil photo numérique est comparable à celui d'un appareil analogique. L'objectif est toujours présent et le diaphragme aussi, la principale différence réside dans le fait que le film est remplacé par un capteur (de la taille d'un ongle) qui récupère et transforme la lumière et l'image en une suite de données numériques (des 0 et des 1) grâce à un logiciel se trouvant à l'intérieur de l'appareil, jusqu'à l'image finale qui s'inscrit sur une carte mémoire qui, elle, remplace la pellicule (fig.3.50).

Il serait un peu rapide de vouloir reléguer la photographie analogique aux oubliettes. Avec plus de 150 ans de développement la technologie du film argentique a atteint une certaine maturité. Aujourd'hui les films sont arrivés à un niveau de résolution époustouflant. L'imagerie numérique, de son côté, est encore limitée par la taille des capteurs. Et c'est plus un problème économique que technologique. Ainsi par exemple, les capteurs utilisés pour l'astronomie sont technologiquement identiques, mais de taille largement supérieure et, de ce fait, d'un coût de fabrication très élevé. Actuellement, il s'agit plutôt d'un compromis. Un appareil chargé en diapositives peut donner des images d'une finesse telle que pour obtenir l'équivalent numériquement, il faudrait un capteur possédant un nombre de photosites énorme. Cela reviendrait à quelque chose de bien trop cher pour être rentable. Lorsque l'on envisage la prise de vue numérique, du fait de ses limitations actuelles, il faut déterminer si son utilisation est raisonnable ou pas. La photographie familiale, la macrophotographie donnent de très bons résultats. La photographie de paysage, par contre, reste relativement mauvaise. Les capteurs actuels offrent tout simplement une résolution trop basse.

Les images numériques permettent par contre de rapides corrections de luminosité, de contraste, de couleurs ou de taille. Pour obtenir les mêmes résultats d'un film il faut avoir accès à un équipement coûteux de chambre noire, et une expérience acquise au nombre des années de tirages. Finalement, l'un des plus grands avantages du numérique est l'image sous une forme numérisée.

Comme pour le scanner, la pièce maîtresse de l'appareil photo numérique est le capteur CCD. Il s'agit d'un composant électronique qui se présente sous la forme d'une petite plaque de silicone contenant un très grand nombre de cellules photosensibles ou « photosites ». Chaque photosite correspond à un pixel sur l'image numérique produite. Ce composant mesure généralement moins d'un centimètre carré.

Ces capteurs enregistrent uniquement la quantité, et non la couleur de la lumière par laquelle ils sont frappés. Afin de détecter la couleur de chaque pixel, l'appareil photo numérique applique un filtre de couleur sur chaque capteur. Le filtre le plus communément utilisé est le filtre de Bayer. Le motif

défini par le filtre est un carré de 2x2 pixels, répété en mosaïque des milliers de fois et composé de filtres rouge, bleu et vert (fig.3.51). Le vert est deux fois plus présent que le rouge et le bleu. Il est en effet situé au milieu du spectre visible et l'œil humain est de ce fait particulièrement sensible à ses propriétés.

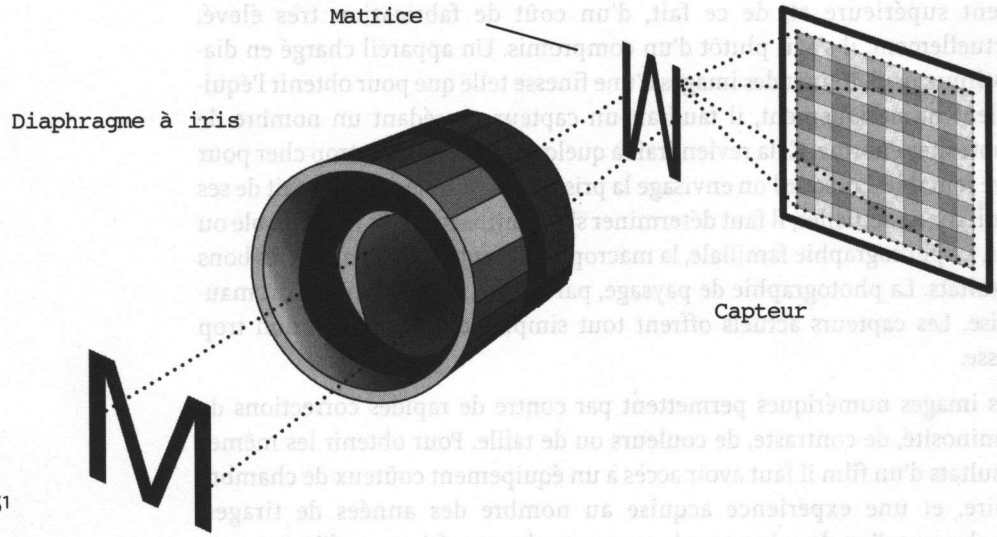


Fig.3.51

Lorsque les filtres sont placés sur les capteurs, chaque pixel peut uniquement enregistrer la luminosité frappant et traversant son filtre, tandis que les autres couleurs sont bloquées. Pour déterminer la couleur exacte d'un pixel, qui n'est pas uniquement rouge, vert ou bleu, un procédé appelé interpolation utilise la couleur des pixels adjacents pour calculer les deux autres couleurs que le pixel n'a pas enregistrées directement.

Après que la lumière a frappé le CCD, les capteurs individuels convertissent la quantité de lumière reçue en un signal électrique. Ce signal est au départ enregistré sous la forme d'un signal analogique, puis converti en signal numérique par un convertisseur A/N (analogique – numérique).

L'information sur le CCD est lue ligne par ligne, horizontalement, et envoyée vers la mémoire interne de l'appareil photo. Cette mémoire reconstitue l'ensemble des pixels en une image. Cette dernière est à ce stade encore à l'état brut, non compressée. En général, l'image est soumise ensuite à une compression de type JPEG et enregistrée dans la carte mémoire de l'appareil.

Jusqu'à présent, les appareils numériques étaient équipés exclusivement de capteurs type CCD (Charge Coupled Device). La fabrication des CCD nécessite une technologie déjà ancienne : N-MOS. Ce procédé demande de multiples étapes et un temps d'élaboration le rendant très cher.

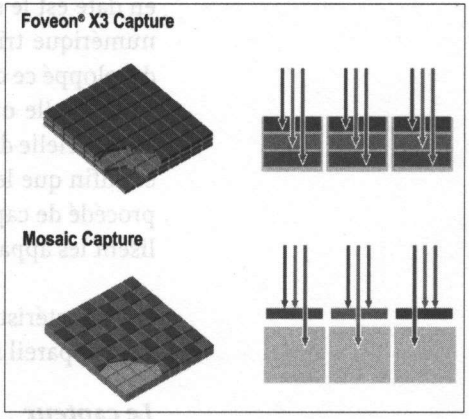


Fig.3.52 (Doc.Foveon)

C'est en grande partie l'explication du prix élevé des appareils numériques. Mais de nouvelles techniques ont été mises au point pour construire des capteurs appelés CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) et Foveon. CMOS est le procédé utilisé pour la fabrication des processeurs et des Random Memory Access (RAM), et de ce fait revient à un prix avantageux. Autre avantage, à résolution égale, un capteur CMOS consommera 5 fois moins d'énergie qu'un CCD. Le seul défaut de ce capteur est sa sensibilité, inférieure au modèle CCD, ce qui se traduit par un bruit supérieur. Mais les dernières générations ont fait de très grands progrès avec les réducteurs de bruit, qui ont permis au capteur CMOS de faire mieux que le CCD. Le dernier type de capteur

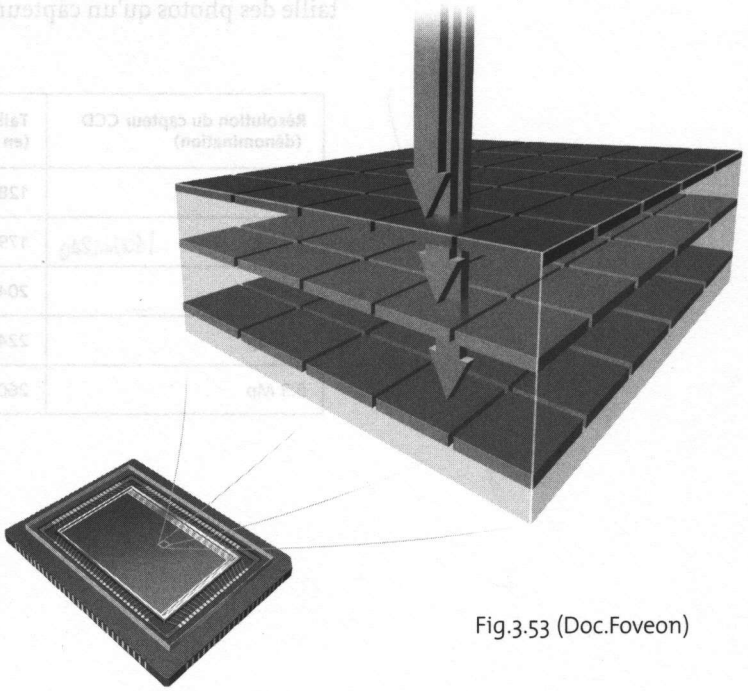


Fig.3.53 (Doc.Foveon)

en date est le système X3 de la société Foveon. Il s'agit du premier capteur numérique tricouche. C'est d'après une particularité du silicium qu'a été développé ce capteur. En effet, c'est dans l'épaisseur que le silicium est sensible à telle ou telle couleur. Pour simplifier on peut dire que la couche superficielle du silicium arrête le bleu, que la couche médiane arrête le vert et enfin que le rouge est stoppé par la couche inférieure (fig.3.52-3.53). Ce procédé de capture d'image se rapproche ainsi au plus près de celui qu'utilisent les appareils photo argentiques avec la pellicule.

Les caractéristiques suivantes sont ainsi à prendre en compte pour le choix d'un appareil numérique :

Le capteur

Le capteur est l'élément le plus important d'un appareil photo numérique. C'est lui qui caractérise la qualité globale de l'appareil. Le tableau illustre la taille des photos qu'un capteur CCD peut prendre selon sa définition :

Résolution du capteur CCD (dénomination)	Taille Maximum de l'image (en pixels x pixels)	Taille d'impression (à 300 dpi)
1.3 Mp	1280x1024	8 x 11 cm
2.3 Mp	1792x1181	10x15 cm
3.3 Mp	2048x1536	13x18 cm
4.3 Mp	2240x1680	15x20 cm
5.3 Mp	2600x1900	20x30 cm

La quantité de mémoire

La mémoire fait office de pellicule sur les appareils photo numériques. Plus la capacité mémoire est grande, plus le nombre de photos pouvant être pris est grand. Le tableau illustre une série de formats compressés et non compressés.

Images compressées (type JPEG)						
Définition de l'image	**Images compressées**					
	Taille de l'image	**Nombre de clichés**				
		4 Mo	8 Mo	16 Mo	64 Mo	128 Mo
640 x 480	45 Ko	88	176	355	1422	2844
800 x 600	70 Ko	57	114	228	914	1828
1280 x 1024	205 Ko	19	38	78	312	624
1792 x 1181	310 Ko	12	24	51	206	412
2048 x 1536	450 Ko	8	16	35	142	284
Images non compressées (type TIFF)						
Définition de l'image	**Images non compressées**					
	Taille de l'image	**Nombre de clichés**				
		4 Mo	8 Mo	16 Mo	64 Mo	128 Mo
640 x 480	1 Mo	4	8	16	64	128
800 x 600	1,5 Mo	2	4	10	42	85
1360 x 1024	4 Mo	1	2	4	16	32
1792 x 1184	6 Mo	0	1	2	10	21
2048 x 1536	9 Mo	0	0	1	7	14

La mémoire amovible

Il existe plusieurs sortes de mémoires amovibles. En général, tout appareil fonctionnant avec un type de mémoire est incompatible avec les autres. Le tableau illustre les différents formats (fig.3.54) :

Type de support amovible		Dimensions	Capacité	Caractéristiques
Carte Memory Stick		50 x 21.5 x 2.8 mm	128 Mo Max.	Compatible avec la marque SONY
Cartes Smart Media		45 x 37 x 0.76 mm	128 Mo Max.	Format assez courant
Multimedia Card (MMC)			128 Mo Max.	Utilisé surtout sur les caméscopes
Carte CompactFlash	Type I	42.8 x 36.4 x 3.3 mm	512 Mo Max.	Très répandue Grande capacité
	Type II	42.8 x 36.4 x 5 mm	512 Mo Max.	
	Type IBM Microdrive		1 Go Max.	Très grande capacité
Carte XD Picture Card		20 x 25 x 1.7 mm	16 à 128 Mo Capacités futures : 8 Go	Nouveau format introduit par Olympus et Fuji.

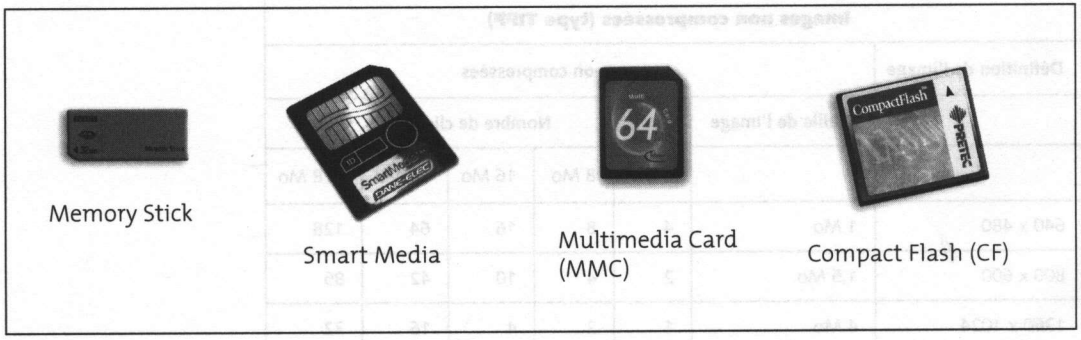


Fig.3.54

Le viseur

Il existe plusieurs types de viseurs sur un appareil numérique : optiques (reflex ou télémétrique), électroniques (en général un écran LCD). La plupart cumulent un écran LCD et un autre viseur (fig.3.55). Le tableau qui suit résume les différentes caractéristiques de chacun des viseurs :

Type de viseur		**Description**	**Caractéristiques**
Optique (Ne consomme pas d'énergie)	Reflex	Viseur TTL - réservé aux appareils haut de gamme	La visée correspond à la prise de vue. Il est relativement cher
	Télémétrique	Viseur situé à côté de l'objectif	Permet une visée simple Provoque des erreurs de parallaxe
Electronique (Consomme de l'énergie)	ACL Eye-Level	Petite image dans le viseur affichant également des informations concernant la prise de vue	La visée correspond à la prise de vue. Les détails ne sont pas très visibles
	LCD	Petit écran couleur situé sur l'appareil permettant aussi de naviguer dans les sous-menus	Consomme beaucoup d'énergie

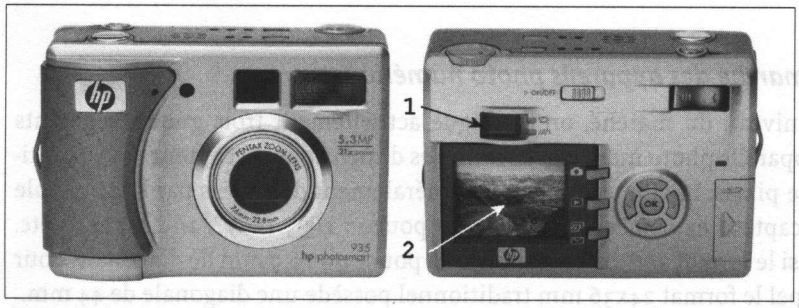


Fig.3.55 (Doc.HP)

Aucun système de visée n'est la panacée. C'est la raison pour laquelle les appareils récents possèdent deux viseurs différents : un écran LCD pour visionner les clichés stockés dans l'appareil et faciliter la navigation dans les sous-menus, et un viseur optique, afin de prendre des photos en préservant les batteries.

L'objectif

La qualité d'un cliché dépend énormément de l'objectif. Les caractéristiques essentielles à examiner pour choisir un objectif sont les suivantes :

- **L'ouverture maximale**

Plus le nombre F est petit, plus l'objectif est lumineux. Exemple : ouverture = F2.8 / F9.8 plus lumineux que F4.5 / F9.8

- **Le coefficient de zoom**

Sur un appareil photo numérique, on distingue deux types de zooms : optique et numérique.

Voici un récapitulatif de leurs caractéristiques :

Type de Zoom	Caractéristiques	Avantages et Inconvénients
Optique	Ensemble de lentilles capables de changer de focale	Permet de cadrer des photos en grand-angle ou en téléobjectif La qualité de l'image n'est pas affectée par le zoom
Numérique	Prend le centre du capteur CCD et recadre l'image de façon électronique	Facteur grossissant impressionnant L'action de zoomer entraîne une perte de qualité et de la définition de l'image

Le marché des appareils photo numériques

Au niveau du marché, on distingue actuellement trois grands segments d'appareils photo numériques selon les dimensions du capteur et la quantité de pixels. Les dimensions sont généralement désignées par la diagonale du capteur exprimée en fraction de pouce : 1/3", 1/1.7", 1/ 2.7", 2/3", etc. Ainsi le format 2/3" correspond à 0.66 pouce ou 16.9 mm de diagonale. Pour rappel le format 24x36 mm traditionnel possède une diagonale de 44 mm.

Le premier segment comprend les appareils photo compacts avec une optique fixe et dotés d'un capteur pouvant atteindre les 5 mégapixels sur une diagonale de 14 à 15 mm (ex. : Nikon Coolpix, Olympus Camedia, etc.). Le second segment comprend les appareils photo du type SLR (Single Lens Reflex) qui permettent une visée au travers d'un objectif interchangeable et équipés de capteurs pouvant à l'heure actuelle atteindre les 14 mégapixels

sur une diagonale comprise entre 28 et 44 mm. C'est l'équipement des photographes professionnels (ex. : Kodak DCS Pro, Canon EOS...). Le troisième segment comprend les dos et capteurs numériques de plus de 44 mm de diagonale et pouvant atteindre plus de 22 mégapixels. Ce type d'appareil est destiné avant tout à la prise de vue en studio (ex. : Sinar).

Le transfert de négatifs sur CD

Une autre manière d'obtenir des images numériques à partir de photographies est de confier la numérisation et le transfert de films négatifs à un laboratoire. Deux types de supports sont disponibles : le Photo CD et le Picture CD. Le Photo CD est un service qui permet de faire numériser des négatifs ou des diapositives. Il ne permet pas, contrairement au Picture CD, de faire numériser ses photos lors du développement ; par ailleurs, il ne contient pas de logiciel destiné à visualiser les images numérisées. Le Photo CD est avant tout destiné aux professionnels, contrairement au Picture CD qui est destiné à l'amateur de par sa simplicité d'utilisation et son prix.

Le Photo CD

Le Photo CD, lancé par Kodak, il y a quelques années, s'obtient uniquement en transfert différé, à partir de négatifs 135 ou de diapositives. Chaque image scannée sur un scanner haut de gamme est déclinée en 5 (Photo CD : pour les films 24x36) ou 6 résolutions (Photo CD Pro : pour les films supérieurs au 24x36, jusqu'au format 4x5 pouces). En général, ce sont plutôt les spécialistes qui font appel au Photo CD, pour un usage professionnel ou commercial. Pour utiliser ou imprimer une image Photo CD, il faut sélectionner une des cinq tailles enregistrées sur le CD, selon la dénomination suivante :

Dénomination Kodak	Taille en pixels	Taille d'impression en centimètres	Utilisation
Base/16	128x192	1.1x1.6	Vignette, contact
Base/4	256x384	2.2x3.3	Petite image, Web
Base	512x768	4.3x6.5	Affichage écran
4*Base	1024x1536	8.7x13	Impression format normal
16*Base	2048x3072	17.3x26	Impression grand format

Le Photo CD dispose de sa propre interface pour l'ouverture des fichiers. Un plug-in pour Photoshop est également disponible à l'adresse suivante :

http ://www.kodak.com/global/en/service/software/pcdAcquireModule.shtml

La liste des applications compatibles avec le Photo CD peut être consultée à l'adresse :

http ://www.proset.com/software.htm

Le Picture CD

Le Picture CD (dénommé autrement chez d'autres fabricants) est destiné au grand public et permet d'obtenir des images numériques à partir d'un film négatif 24x36 ou d'un film APS (fig.3.56). Les images du Picture CD sont fournies au format JPEG avec une résolution unique de 1024x1536 pixels pour les films 24x36 et une résolution de 854 x 1536 pixels pour les films APS. Les images occupent entre 300 et 800 ko. Un logiciel de visualisation est intégré dans chaque disque Picture CD.

Fig.3.56

6.2. L'affichage de la couleur sur l'écran graphique

L'écran est l'outil indispensable pour assurer une communication directe, confortable et efficace entre l'utilisateur et son ordinateur. L'écran peut être monochrome ou couleur, de technologie « tube cathodique », « cristaux liquides » ou « plasma ». De plus, il est gouverné par une carte graphique qui se trouve dans l'ordinateur.

Tube à rayons cathodiques : le principe

Le tube cathodique ressemble à une grosse ampoule de verre, vide d'air, contenant un canon à électrons. Le canon à électrons est constitué d'une cathode métallique chauffée d'où sont extraits des électrons par l'attraction électrique exercée par une anode. Les électrons émis sont concentrés en un

fin faisceau qui sort du canon, traverse le tube à très grande vitesse et vient percuter la partie opposée du tube qui constitue l'écran. L'image en couleur est ainsi obtenue sur l'écran par l'impact de trois faisceaux d'électrons, issus de trois sources RVB (ou RGB en anglais), qui viennent frapper la face interne de l'écran qui est recouverte d'une multitude de particules photosensibles, les luminophores, encore appelés phosphores par analogie à la terminologie anglaise. Il s'agit d'un matériau, ayant l'aspect d'une poudre blanche, qui absorbe de l'énergie sous forme de photons plus ou moins énergétiques et qui transforme cette énergie en lumière visible.

Pour chaque point adressable de l'écran (le pixel) il y a une série de trois particules : une émettant la lumière rouge, l'autre la lumière verte et la dernière la lumière bleue. Chacune de celles-ci est activée par un « bombardement » d'électrons issus de la source correspondante. La couleur finale est ainsi produite par le mélange visuel des trois lumières RVB (RGB) suivant la synthèse « additive » (fig. 3.57).

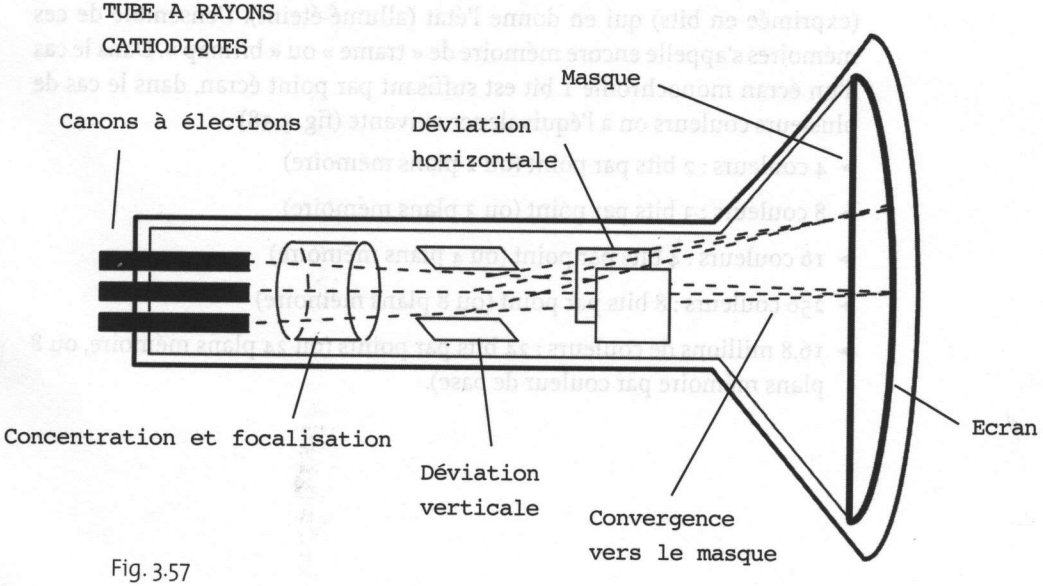


Fig. 3.57

Les différentes nuances des couleurs produites sur l'écran sont déterminées par la variation de l'intensité du flux d'électrons de chacune des trois sources RVB (RGB). Si elles sont maximales, la couleur résultante est le blanc. Si elles sont minimales, on obtient du noir.

La palette de couleurs disponibles sur l'écran dépend ainsi du nombre de niveaux d'intensité pouvant moduler chacun des trois flux d'électrons. Ainsi, un système avec 4 niveaux permet de générer une palette de 64 couleurs, et un système de 256 niveaux par source permet d'obtenir 16,7 millions de couleurs.

Maintien de l'image à l'écran

Ce dégagement de lumière ne durant que peu de temps, il est nécessaire que le faisceau retrace l'ensemble des traits rapidement pour éviter tout scintillement. L'ensemble des traits dessinés à l'écran à un instant donné doit donc être mémorisé dans une mémoire dite « d'entretien ».

A chaque point de l'écran (ou « pixel ») est ainsi associée une mémoire (exprimée en bits) qui en donne l'état (allumé-éteint). L'ensemble de ces mémoires s'appelle encore mémoire de « trame » ou « bitmap ». Dans le cas d'un écran monochrome 1 bit est suffisant par point écran, dans le cas de plusieurs couleurs on a l'équivalence suivante (fig. 3.58) :

- 4 couleurs : 2 bits par point (ou 2 plans mémoire)
- 8 couleurs : 3 bits par point (ou 3 plans mémoire)
- 16 couleurs : 4 bits par point (ou 4 plans mémoire)
- 256 couleurs : 8 bits par point (ou 8 plans mémoire)
- 16,8 millions de couleurs : 24 bits par points (ou 24 plans mémoire, ou 8 plans mémoire par couleur de base).

Ainsi un écran de 640 x 480 pts (définition type VGA) et 256 couleurs nécessite une mémoire écran de : 307.200 x 8 = 2400 ko. Un écran fonctionnant selon ce principe est dit « à rafraîchissement » ; dans le cas contraire, il est dit « à mémoire ». Dans ce dernier cas, le dispositif de génération du faisceau est semblable au précédent, mais l'écran possède une surface chargée capable de conserver une trace de l'impact des électrons. Le rafraîchissement et la mémoire d'entretien ne sont plus nécessaires dans ce cas. Ce type d'écran en contrepartie ne permet ni la couleur ni l'animation et n'est d'ailleurs pratiquement plus utilisé.

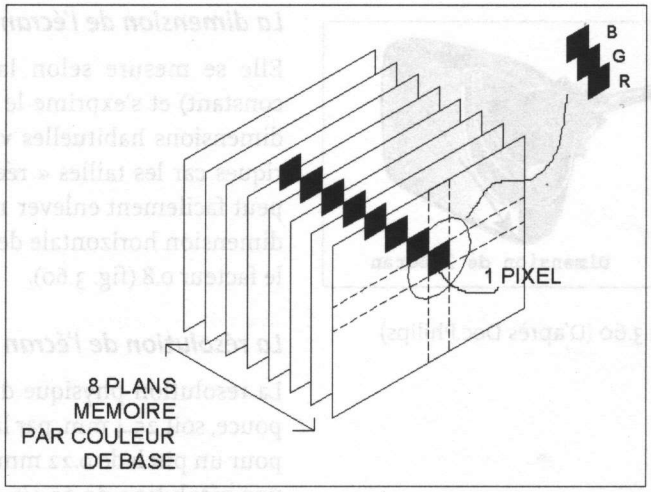


Fig. 3.58

La finesse des points sur l'écran

Avant d'atteindre l'écran, les faisceaux d'électrons convergent dans un masque (plaque métallique percée de trous microscopiques positionnés en triangle), pour éviter le croisement des électrons et provoquer une image floue (fig.3.59). La finesse des points affichés dépend du « pas » de ce masque (dot pitch en anglais), et s'exprime en mm. Les tailles courantes sont 0.25, 0.26, 0.28, 0.31, 0.34... mm. Il convient cependant d'être prudent au niveau de ces valeurs car en fonction des technologies de l'écran, le pitch n'a pas la même signification. Traditionnellement, le pitch d'un tube cathodique à masque correspond à la distance entre deux points de même couleur mesurée en diagonale. Par contre, dans un tube à grille, il n'y a pas de points mais juste des bandes, dès lors le pitch est l'intervalle horizontal entre deux bandes de même couleur.

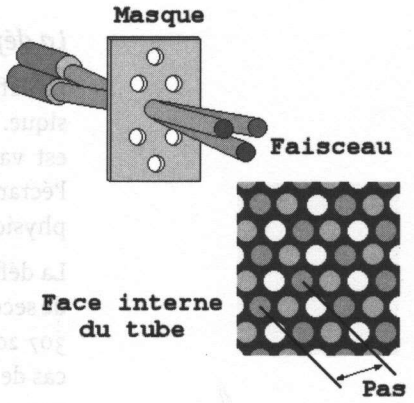


Fig.3.59

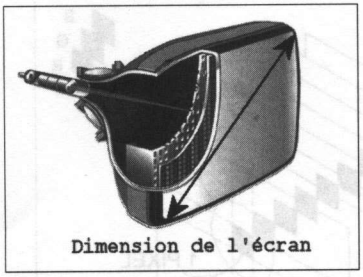


Fig.3.60 (D'après Doc.Philips)

La dimension de l'écran

Elle se mesure selon la diagonale (le rapport hauteur/largeur étant constant) et s'exprime le plus souvent en pouces (1 pouce = 2,5 cm). Les dimensions habituelles vont de 14 à 21 pouces. Il s'agit de valeurs théoriques car les tailles « réelles » exploitables des tubes sont moindres. On peut facilement enlever 1 pouce à chacune des dimensions diagonales. La dimension horizontale de l'écran s'obtient en multipliant la diagonale par le facteur 0.8 (fig. 3.60).

La résolution de l'écran

La résolution physique d'un écran s'obtient en divisant la longueur d'un pouce, soit 25.4 mm, par la valeur du pitch projetée horizontalement. Ainsi pour un pitch de 0.22 mm (valeur horizontale d'un pitch de 0.28 mm), on a une résolution de 25.4/0.22 = 113 dpi. Cette valeur est fixe pour un écran donné. Le chiffre de 72 dpi que l'on retrouve assez régulièrement ne correspond plus à rien actuellement. Il date de l'écran du premier Macintosh qui mesurait 9 pouces et avait une définition fixe de 512*384 pixels.

La définition de l'écran

La définition de l'écran ne doit pas être confondue avec la résolution physique. Elle indique le nombre de pixels pouvant être affichés à l'écran. Elle est variable et dépend des caractéristiques de la carte (mémoire) et de l'écran (bande passante). Elle devra cependant tenir compte de la résolution physique pour sa valeur maximale.

La définition maximale dépend du nombre de positions balayées en 1/25e de seconde. Pour une définition de 640X480 points, le faisceau devra balayer 307 200 points pour construire l'image, soit 7 680 000 par seconde. Dans le cas de la couleur, il faut encore multiplier ce chiffre par 3, ce qui donne 23 040 000 de points par seconde. Cette valeur maximale porte le nom de « bande passante » (bandwidth) et est exprimée en mégahertz (ici 23 MHz).

Au niveau des applications graphiques, on peut considérer actuellement que la « moyenne » résolution correspond à une définition d'écran de 1024x768 points et la « haute » résolution correspond à un affichage de

1280x1024 points. La bande passante nécessaire à un affichage de ce type est alors de 98.3 MHz.

Il est important de considérer en même temps la dimension de l'écran et sa définition (fig.3.61). En effet, si une définition de 640x480 points (VGA) est acceptable sur un écran de 14», cette même définition ne donnera qu'un résultat grossier sur un écran de 21». Le tableau qui suit donne un aperçu des valeurs standard :

	14"	15"	17"	19"	21"
640x480	**Idéal**	Bon	Trop gros	Enorme	Inacceptable
800x600	Bon	**Idéal**	Bon	Trop gros	Enorme
1024x768	Trop fin	Bon	**Idéal**	Bon	Encore bon
1280x1024	Minuscule	Trop fin	Bon	**Idéal**	Bon
1600x1200	Inacceptable	Minuscule	Trop fin	Bon	**Idéal**

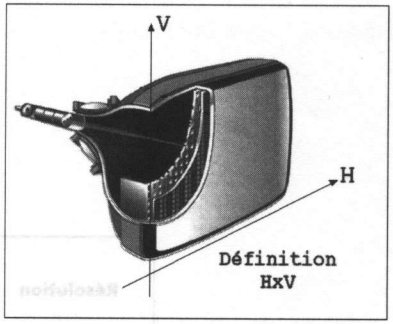


Fig.3.61 (D'après Doc.Philips)

La stabilité de l'écran

La stabilité de l'écran est aussi importante pour éviter des phénomènes de tremblement (flicker) qui sont très désagréables pour l'utilisateur. Cette stabilité dépend de la vitesse de rafraîchissement de l'écran, encore appelée fréquence de balayage vertical ou synchronisation verticale. Elle se mesure en nombre d'images (c'est-à-dire d'écrans complets) générées par seconde et s'exprime en Hz. Les phénomènes de tremblement sont pratiquement inexistants au-delà de 60 images par seconde (60 Hz).

Pour réduire cette vitesse (et donc le coût de l'écran), il existe une technique dite de « balayage entrelacé » qui consiste à n'afficher qu'une ligne sur deux lors de chaque rafraîchissement en alternant, à chaque fois, les lignes paires et impaires.

D'une manière générale, une fréquence verticale variant de 30 à 50 Hz indique qu'il y a « entrelacement » et une fréquence de 60 à 80 indique le

contraire. Dans le cas présent, il convient d'utiliser des écrans « non entrelacés » pour avoir une qualité d'affichage sans scintillement.

La fréquence de balayage de base recommandée se situe actuellement au niveau de 70 Hz.

La fréquence de balayage horizontal

C'est également un paramètre important qui limite la densité de l'image affichée. Elle varie de 15,75 à 100 kHz suivant le type d'écran utilisé. Cette fréquence mesure le nombre maximum de lignes que l'écran peut balayer par seconde. Pour afficher une définition d'écran de 1280 x 1024 à un taux de rafraîchissement vertical de 75 Hz, il faut un moniteur supportant une fréquence de balayage horizontal de 77 kHz et une bande passante de 98.3 MHz. Voici quelques valeurs annoncées pour un moniteur courant :

Résolution	Fréquence de Balayage vertical (Hz)	Fréquence de Balayage horizontal (KHz)
640 X 400	70 Hz	31.47 kHz
640 X 480	60 Hz	31.47 kHz
800 X 600	75 Hz	46.88 kHz
800 X 600	85 Hz	53.67 kHz
1024 X 768	75 Hz	60.02 kHz
1024 X 768	85 Hz	68.68 kHz
1280 X 1024	75 Hz	79.98 kHz
1280 X 1024	85 Hz	91.15 kHz
1600 X 1200	65 Hz	81.25 kHz

La convergence

La convergence se mesure en mm et exprime la déviation des trois faisceaux d'électrons par rapport au point de convergence, c'est-à-dire le « pixel » de l'écran. Les problèmes de convergence se remarquent principalement au niveau de la périphérie de l'écran, car le contrôle des faisceaux y est plus difficile.

La précision des canons à électrons

Un point important pour la qualité d'affichage des couleurs est la précision de « tir » des trois canons à électrons et leur capacité de fournir exactement la même intensité sur l'écran. Ce contrôle porte le nom de « Color Tracking ». La meilleure manière de vérifier que l'intensité des trois canons est la même est de mesurer, à l'aide d'un analyseur, la pureté de l'affichage du gris ou l'absence de couleurs dans le gris.

La technologie du tube

La qualité générale de l'affichage sur l'écran dépend également de la qualité du tube. Le tube classique se compose de trois canons à électrons et d'un masque perforé de trous circulaires positionnés en triangle (shadow mask) (fig.3.62). Cette technologie possède néanmoins un défaut majeur : la partie pleine de la grille occupe un pourcentage important de la surface de l'écran et empêche les électrons et donc la lumière de passer.

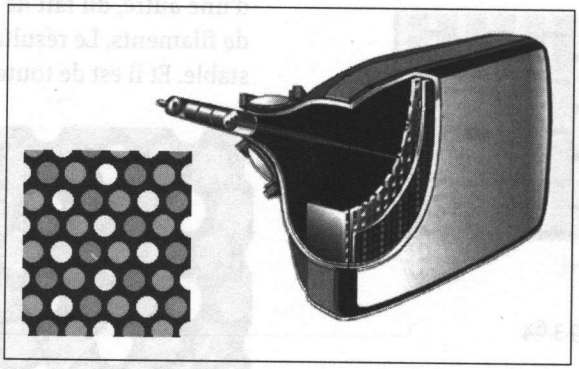


Fig.3. 62

Pour améliorer le procédé, Sony a développé à la fin des années 60 une technologie alternative connue sous le nom de Trinitron, initialement destinée aux moniteurs télé. L'adaptation aux écrans d'ordinateurs s'est faite au début des années 80. L'idée étant de ne plus grouper les phosphores en triangle mais de les aligner par couleurs, en lignes verticales ininterrompues. De ce fait, la grille du Shadow Mask a été remplacée par

une nouvelle trouée non de points mais de bandes verticales, ininterrompues elles aussi, à l'image des bandes de phosphore. La partie solide du masque au travers duquel ne peuvent pas passer les faisceaux, étant maintenant d'une surface inférieure au masque utilisé avec la précédente technologie, les images en deviennent beaucoup plus lumineuses, plus brillantes.

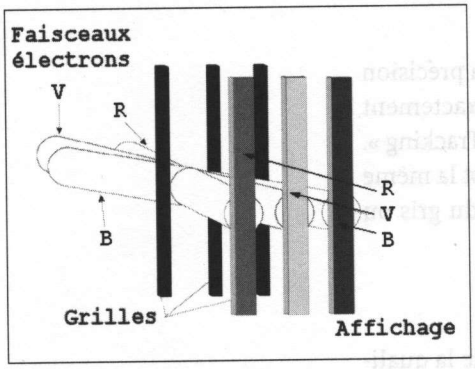


Fig.3.63

Deux constructeurs principaux fournissent des tubes basés sur cette technologie : Sony (FD Trinitron) bien sûr et Mitsubishi (DiamondTron). La principale différence entre eux : Sony utilise en fait trois canons à électrons pour les trois couleurs de base RGB tandis que Mitsubishi n'en utilise qu'un seul. Cette technologie porte aussi le nom de « Aperture Grid », une dénomination plus générale que Trinitron spécifique à Sony (fig.3.63).

Plus récemment, Nec et Panasonic ont développé une solution intermédiaire au Shadow Mask et à l'Aperture Grid en combinant les deux technologies. Dénommée « **Slot Mask** » son but est de combiner les avantages des deux autres (fig.3.64). Ainsi, la grille résultante reprend l'idée des fentes verticales de l'Aperture Grid, d'une part, et la bonne tenue du Shadow Mask, d'une autre, du fait de l'utilisation d'une véritable grille métallique et non de filaments. Le résultat est certes un peu moins lumineux mais il est plus stable. Et il est de toute façon plus brillant que les Shadow Masks.

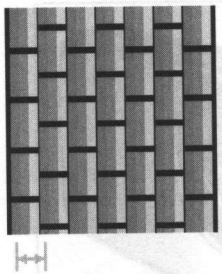


Fig.3.64

La dernière technologie en date porte le nom de « **Enhanced Dot Pitch** » ou « Masque Elliptique » (fig.3.65). Arrivée sur le marché fin 1997, et signée Hitachi, elle reprend l'idée du Shadow Mask, mais s'en différencie par la forme des perforations qui ne sont plus rondes mais ovales. L'avantage est qu'il y a une perte de luminosité moins importante car la grille prend moins de place. Les images sont donc plus lumineuses.

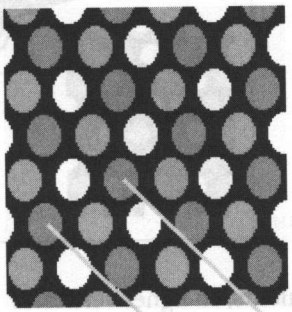


Fig.3.65

Les écrans plats

L'écran plat est un dispositif de visualisation à structure matricielle et de faible épaisseur par rapport à la technologie du tube cathodique. Il existe plusieurs technologies au niveau des écrans plats : les cristaux liquides, le plasma (PDP), le Plasmatron (PALC), les panneaux de diodes, les panneaux à électroluminescence (EL), à effet de champs (FED), à fluorescence (VFD), à micro-miroirs (DMD), à diode auto-luminescente (OLED) et panneau à rayon cathodique (CRP). D'autre part on peut distinguer les écrans plats qui émettent de la lumière et ceux qui sont rétro-éclairés (backlight).

La technologie d'affichage à cristaux liquides (Liquid Crystal Display) est certainement la plus courante. Découverts il y a plus d'un siècle, les cristaux liquides ont présenté pendant longtemps un intérêt purement académique. Mais à la suite de longs travaux et de la mise en évidence de nouveaux effets d'une importance technologique considérable, l'étude de ces corps connaît, depuis les années soixante-dix, un développement rapide. L'originalité des cristaux liquides tient au fait qu'il est très facile d'agir sur leur structure, par des agents physiques extérieurs.

Ainsi en particulier, l'orientation de leurs molécules varie en fonction du champ électrique qui leur est appliqué. Ces modifications changent leur manière de refléter la lumière. De ce principe découlent de nombreuses technologies différentes. La plus répandue est de type nématique (TN = twisted nematic), que l'on trouve dans les montres digitales ou les calculatrices par exemple. Le super-nématique (STN= Super Twisted Nematic) ou DSTN (Double Super Twisted Nematic) est utilisé pour des écrans à matrice passive.

Cette technologie fait appel à trois plaques semi-transparentes (une pour chaque composante couleur : vert, rouge et bleu), le plus souvent éclairées par un faisceau lumineux qui les traverse. Ces plaques sont divisées en de nombreuses cellules contenant des cristaux liquides, sensibles au courant électrique. Lorsqu'une cellule est stimulée par un courant électrique, les cristaux changent plus ou moins d'alignement et le pixel correspondant devient plus ou moins opaque, laissant passer plus ou moins de lumière dans la composante couleur considérée. Deux technologies sont disponibles :

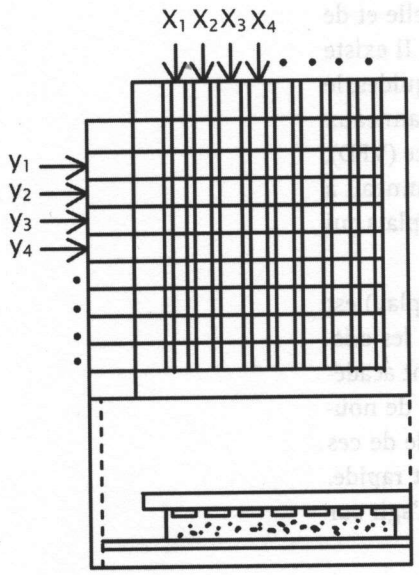


Fig.3.66

- **La matrice passive** : elle désigne une technologie fondée sur une grille (ou matrice) de fils conducteurs horizontaux et verticaux. A chaque intersection d'un fil horizontal et d'un fil vertical se trouve un élément à cristaux liquides qui constitue un pixel (fig.3.66). Lorsque ces deux fils sont alimentés, le pixel correspondant s'allume. Cette technologie est moins compliquée à mettre en œuvre que celle de la matrice active, elle coûte donc moins chère. En revanche, elle a quelques inconvénients, notamment un effet de rémanence (les objets en mouvement à l'écran laissent une « trace » et une visibilité contestable lorsqu'on ne se trouve pas face à l'écran.
- **La matrice active** : elle désigne une technologie dans laquelle chaque élément à cristaux liquides qui constitue un pixel est commandé directement par un ou plusieurs transistors qui lui sont affectés. La réactivité de chaque point d'écran et la qualité globale de l'affichage s'en trouvent largement améliorées par rapport à la technologie à matrice passive. Le seul inconvénient de cette technologie est qu'elle est encore assez coûteuse. La technologie TFT (thin film transistor) est la mise en œuvre la plus répandue de matrice active, au point que les deux expressions sont actuellement quasi synonymes (fig.3.67).

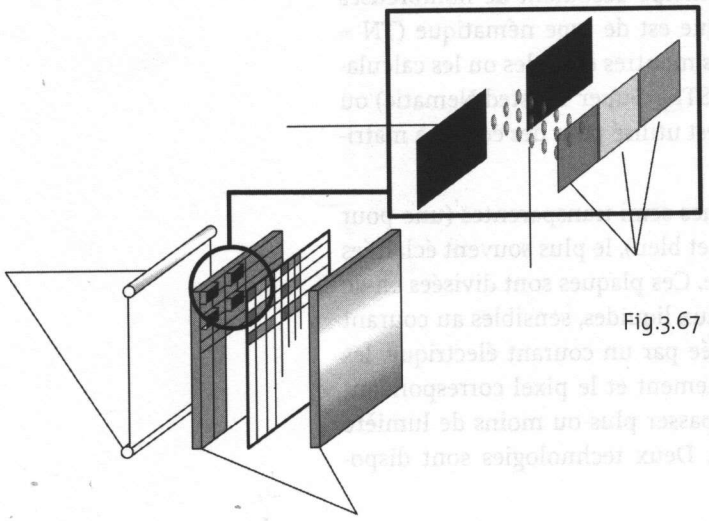


Fig.3.67

Les caractéristiques principales du TFT

Au niveau du graphisme et de la couleur, les points suivants méritent d'être pris en compte (fig.3.68) :

- **La dimension de l'écran** : la taille de la diagonale indiquée des écrans TFT est toujours la même que la taille de la diagonale visible parce que, contrairement aux écrans CRT, les TFT n'ont pas de cache sur les pourtours de l'écran. Ainsi, la taille d'un écran TFT 15" est pratiquement la même que celle d'un moniteur CRT 17".
- **La brillance** : les valeurs moyennes des TFT se situent entre 200 et 250 candelas par centimètre carré. La brillance d'un CRT oscille entre 100 et 120 cd/m². Le maximum de brillance est déterminé principalement par les tubes fluorescents qui sont utilisés.
- **Le confort d'utilisation** : grâce à l'absence de balayage, l'image est toujours stable. La dalle, contrairement au CRT, est partout rigoureusement plate, l'affichage ne subit donc aucune déformation sur les bords de l'image.
- **Le rafraîchissement** : les moniteurs LCD et CRT fonctionnent suivant deux principes totalement différents. Dans un CRT, un faisceau d'électrons vient balayer l'écran pour générer l'image. Sur un moniteur LCD, l'image est fixe. Les transistors décident d'allumer ou d'éteindre les diodes de l'écran, individuellement, suivant l'image envoyée par la carte graphique. Une image fixe laissera les mêmes pixels (ou diodes) RGB allumés ou éteints. Une image en mouvement obligera les transistors à s'allumer et à s'éteindre très rapidement pour permettre l'affichage de toutes les images. La valeur reflétant la qualité d'un LCD à afficher plus ou moins rapidement les images n'est donc pas la fréquence de rafraîchissement, mais le temps de réponse. Ce paramètre n'est malheureusement pas toujours mentionné dans les caractéristiques du moniteur.

Fig.3.68

- **La définition d'écran** : la définition d'un écran LCD est fixe car c'est le nombre de transistors qui la détermine. Etant donné ce principe, il est facile de comprendre que, si vous n'utilisez pas un moniteur LCD dans la résolution pour laquelle il a été prévu, l'image est de moins bonne qualité. En effet, cette dernière est alors interpolée mathématiquement et sa qualité se dégrade fortement, créant comme un effet de flou. Si la résolution la plus souvent rencontrée est actuellement 1024*768, un moniteur offrant un affichage en 1280*1024 apportera un excellent confort en augmentant la surface disponible mais le prix n'en sera que plus élevé.
- **L'angle de vision** : Comme le rétro-éclairement doit passer à travers les filtres de polarisation, les cristaux liquides suivent une direction verticale par rapport au moniteur, empêchant de voir correctement l'écran pour ceux qui ne se trouvent pas en face. Pour remédier à ce problème, les bons écrans TFT sont équipés de technologies telles que IPS, (IN-Plane Switching), MVA (Multi-Domain Vertical Alignement), TNARF (Twisted Nematic And Retardation Film), Super TFT.
- **Le facteur de contraste** : ce facteur représente la capacité du moniteur à produire un noir le plus profond possible et à rendre correctement les dégradés de couleurs. Plus grand est ce facteur et meilleurs seront le noir et les dégradés. Pour un écran CRT, ce ratio prend une valeur située entre 300 :1 et 700 :1. Pour le TFT, la valeur varie de 200 :1 à 450 :1. Mais déjà 200 :1 offre un excellent contraste qui ne sera réellement mis à mal que dans le cadre de la photographie. Les images affichées par les écrans plats seront donc moins vives que sur un écran ordinaire.
- **La qualité des couleurs** : il faut veiller à avoir un TFT avec un connecteur numérique (DVI) et non VGA pour ne pas perdre la qualité d'affichage. Le nombre de couleurs disponibles est actuellement de 16.7 millions, c'est-à-dire 256 niveaux par couleur de base contre 64 niveaux il n'y a pas si longtemps encore.
- **Le temps de réponse** : pour rappel, le TFT est constitué de transistors chargés d'afficher une des trois couleurs composant un point de l'écran. En fonction de leur qualité et de la technologie utilisée, ces transistors sont capables d'afficher plus ou moins rapidement un information. C'est là un des plus gros inconvénients du LCD. Il est toujours largement supérieur à celui d'un écran CRT. Les meilleurs LCD ont actuellement un temps de réponse de 20 ms contre 10 ou 8 ms pour le moindre moniteur

à tube cathodique. Un conseil donc, si l'écran est utilisé pour l'animation ou la vidéo les moniteurs à tube cathodique constituent encore le meilleur choix. Si vous souhaitez néanmoins acquérir un LCD, prenez un modèle offrant un temps de réponse inférieur à 30 ms ou une bande passante supérieure à 150 MHz.

Les cartes graphiques : historique et types de cartes

L'affichage sur l'écran est géré par une carte électronique appelée « contrôleur graphique » qui est connectée sur la carte mère de l'ordinateur. A l'origine, la fonction de base de la carte graphique était de convertir les données envoyées par le processeur en signaux analogiques afin qu'elles soient affichables par l'écran. Les toutes premières cartes graphiques étaient chargées d'afficher du texte à l'écran, il s'agissait de la 2D, mais avec l'évolution de la technologie et des programmes, on voit apparaître les premières interfaces graphiques (avec notamment Windows) et de ce fait, les premières cartes dites « accélératrices » vont faire leur apparition, leur but sera d'accélérer la création des formes utilisées par les interfaces graphiques. En 1995, Microsoft sort une nouvelle version de son interface graphique avec Windows 95 ; avec cette évolution on va voir apparaître des cartes encore plus rapides, une nouvelle génération est née. C'est l'heure de gloire de la Matrox Millenium. Parallèlement au développement des cartes destinées à la bureautique sous Windows, un autre combat débute, celui de la 3D. On développe des jeux et des applications de plus en plus réalistes en images de synthèse. Il faudra donc concevoir des cartes capables de prendre en charge ces nouvelles fonctions. Les premières cartes 3D vont voir le jour, elles ne géreront que la 3D. Ensuite viennent les cartes 2D/3D, elles s'occuperont des fonctions 2D et 3D. Avec l'évolution rapide des technologies, on voit apparaître les premiers processeurs graphiques, ces derniers ont comme objectif d'alléger le processeur central de tous les calculs 3D. Un nouveau problème surgit, celui de la bande passante, car les applications deviennent de plus en plus gourmandes, ce problème sera réglé par l'apparition d'un nouveau bus, l'AGP, qui permet des transferts de données beaucoup plus importants et rapides que son prédécesseur le PCI. A partir de ce moment, les constructeurs de processeurs graphiques vont se livrer une bataille afin de développer le meilleur processeur 2D/3D. Mais seulement deux

constructeurs se distingueront au fil des années, nVidia et ATI. A ce jour, les processeurs les plus puissants sont la GeForce FX de nVidia pour les jeux et le divertissement, la Quadro Fx de nVidia pour les applications 3D (CAO, images de synthèse...) et la Radeon 9700 Pro de ATI qui revient en force.

Composants de la carte

Une carte graphique comprend les composants suivants (fig.3.69) :

- **Le Processeur Graphique (GPU)** : c'est le composant le plus important de la carte, c'est de lui que vont dépendre les performances de la carte. Aujourd'hui, les GPU (Graphics Processor Unit) possèdent des fonctions très avancées, telles que la gestion de la lumière, de l'ombrage, du relief, etc. Chaque génération de GPU apporte son lot d'innovations technologiques, qui sont plus ou moins utilisées dans les applications. La puissance du GPU est à la fois liée à son architecture : plus les fonctions sont câblées plus le GPU est performant, et à sa fréquence et son bus de données (64 ou 128 bits).
- **Le RAMDAC** : le RAMDAC (pour Random Access Memory Digital Analog Converter) convertit les signaux délivrés par la carte en signaux analogiques compatibles avec les prises VGA pour l'affichage écran. Plus le RAMDAC d'une carte graphique sera grand, plus le rafraîchissement et la résolution de l'image pourront être élevés. Un RAMDAC d'au moins 250 MHz est un minimum aujourd'hui.
- **La Mémoire** : le GPU et le Ramdac nécessitent un accès permanent à la mémoire vive. C'est la raison pour laquelle ils intègrent leur propre mémoire pour stocker l'information graphique et accélérer l'accès. C'est dans le domaine de la mémoire que les progrès sont les plus nets. Après la SDRam classique les cartes intègrent à présent de la mémoire DDR-SDRam (Double Data Rate-Ram). En agissant deux fois par cycle d'horloge, cette nouvelle mémoire offre un débit double de celui de la classique SDRam. En gros, une mémoire DDR-SDRam cadencée à 133 MHz affiche un débit équivalent à une mémoire SDRam à 266 MHz. Si la quantité de mémoire était de 4 Mo pour les anciennes cartes, elle atteint les 128 Mo

pour les nouvelles.

- **Les connecteurs physiques** : trois types de connecteurs principaux peuvent équiper une carte graphique : SVGA, DVI et S-Video. Le connecteur SVGA sert à relier la carte graphique à un écran à tubes cathodiques ou à un écran plat de type analogique. Le connecteur DVI permet de relier la carte graphique à un écran plat numérique. Il permet un affichage numérique de meilleure qualité, car le signal n'est plus converti en analogique via le Ramdac avant d'être affiché sur l'écran. La sortie S-Video permet de visionner des DVD-vidéo sur des téléviseurs équipés de ce type de prise.
- **Les connecteurs AGP ou PCI** : la plupart des cartes graphiques récentes disposent d'un connecteur AGP 4X (Accelerated Graphics Port) qui prévoit un débit supérieur a 1 Go/sec. Pour les ordinateurs plus anciens certains constructeurs fournissent encore des cartes graphiques PCI.
- **La compatibilité avec les API** : depuis la disparition des modes de programmation spécifiques à chaque processeur 3D, des interfaces de programmation et des normes ont été créées ou se sont imposées, il s'agit des API (Application Programming Interfaces). Ces normes sont en fait des bibliothèques communes qui pourront être utilisées par les programmeurs de jeux ou de logiciels d'images de synthèse. Les principales API sont DirectX (qui regroupe Direct 3D, DirectShow, etc.) de Microsoft et Open GL de SGI. Dans le domaine du jeu c'est DirectX qui est en position de leader, tandis que dans le domaine de la 3D professionnelle c'est Open GL qui est à ce jour incontournable.

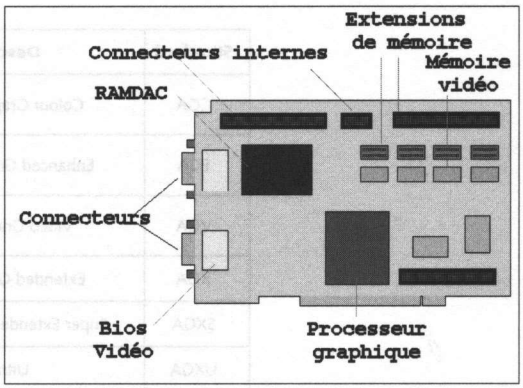


Fig.3.69

Mémoire vidéo et résolution des cartes

Le tableau qui suit donne en fonction de la mémoire possible la combinaison de résolution et nombre de couleurs :

Mémoire vidéo	Résolution	Profondeur de couleur	Nombre de couleurs
1Mb	1024x768 800x600	8-bit 16-bit	256 65,536
2Mb	1024x768 1280x1024 800x600	8-bit 16-bit 24-bit	256 65,536 16.7 millions
4Mb	1024x768	24-bit	16.7 millions
6Mb	1280x1024	24-bit	16.7 millions
8Mb	1600x1200	32-bit	16.7 millions

Le tableau qui suit donne les dénominations standard des cartes en fonction de la résolution :

Standard	Description	Résolution	Nombre de couleurs
CGA	Colour Graphics Adapter	640x200 160x200	Sans 16
EGA	Enhanced Graphics Adapter	640x350	16 à 64
VGA	Video Graphics Array	640x480 320x200	16 à 262,144 256
XGA	Extended Graphics Array	1024x768	16.7 millions
SXGA	Super Extended Graphics Array	1280x1024	16.7 millions
UXGA	Ultra XGA	1600x1200	16.7 millions
QXGA	Quad Extended Graphics Array	2048x1536	16.7 millions

6.3. La couleur sur papier

En imprimerie, comme dans le cas de l'utilisation d'imprimantes graphiques, les couleurs sont restituées par la combinaison des encres primaires Cyan, Magenta et Jaune suivant la synthèse « soustractive » des couleurs (fig.3.70). Le principe étant qu'une surface colorée, éclairée en lumière blanche, absorbe les radiations de sa couleur complémentaire et laisse passer le reste.

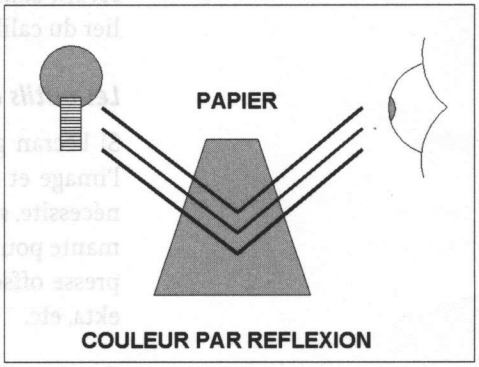


Fig.3.70

Si en théorie l'emploi de ces trois couleurs de base CMJ (CMY) devrait suffire, on constate en pratique que le noir n'est pas parfait et qu'il tire plus sur le brun foncé. Pour remédier à ce défaut dû aux encres, on ajoute tout simplement la couleur noire. Ce procédé à base de quatre couleurs (CMJN/CMYK) se nomme la **quadrichromie**.

Les différentes nuances de couleurs sont obtenues par la technique du tramage. Selon ce procédé, l'image est structurée en points de surface variable par l'intermédiaire d'une trame. Comme l'œil a un faible pouvoir séparateur, il ne sait pas distinguer cette série de petits points de couleurs différentes très rapprochés. Il interprète le tout globalement, ce qui engendre la sensation d'une teinte unique et uniforme. Enfin, la définition de l'image imprimée dépend de la finesse de la trame et s'exprime en termes de linéature, qui correspond au nombre de lignes ou de points par pouce.

L'utilisation de la couleur à l'écran et sa reproduction sur imprimante ou en quadrichromie posent une série de problèmes techniques qui, outre les questions spécifiques à chaque domaine d'application en particulier, concernent :

- les systèmes de référence des couleurs et le passage d'un système à l'autre ;
- la simulation des couleurs par tramage ;
- la couleur « directe » et « indirecte » ;
- la concordance des couleurs imprimées par rapport à celles de l'écran ;
- le stockage des images couleur (compression).

Certains de ces points ont été abordés au début de ce chapitre, d'autres le seront dans le chapitre 4 qui traite de la gestion de la couleur et en particulier du calibrage.

Les outils d'impression

Si l'écran graphique peut être considéré comme une fenêtre ouverte sur l'image et comme un moyen de contrôle, la restitution finale de l'image nécessite, suivant l'application, d'autres outils de reproduction : une imprimante pour obtenir une épreuve ou simplement des photos de famille, une presse offset pour réaliser une publication, un imageur pour produire un ekta, etc.

La reproduction sur imprimantes

Dans le domaine spécifique des imprimantes de bureau, les différentes techniques d'impression ont recours à des phénomènes chimiques et électriques. De plus elles nécessitent le passage par un stade intermédiaire baptisé image latente. L'image n'est ainsi pas directement visible, elle doit en effet encore être révélée par un dépôt d'encre : le toner (imprimantes laser, jet d'encre, thermique, sublimation).

Au niveau de l'édition de documents en couleur, plusieurs technologies d'impression sont disponibles suivant le résultat escompté et le budget disponible :

- la technologie à jet d'encre ;
- la technologie à transfert thermique ;
- la technologie à sublimation thermique ;
- la technologie laser couleur.

La technologie à jet d'encre

Développée dans le courant des années 70, l'imprimante à jet d'encre projette, grâce à des conduits minuscules (ou buses), de très fines gouttelettes d'encre noire ou colorée sur un support papier ou transparent. La tête d'impression se déplace sur toute la largeur du papier, et l'impression des 4 cou-

leurs se déroule en un seul passage. Il existe, en gros, quatre méthodes différentes de projection d'encre :

- **Le jet d'encre continu :**

  Cette technique assure l'émission d'un jet d'encre sous pression, pulsé à travers un orifice capillaire et séparé en gouttelettes par une oscillation à haute fréquence.

- **Le jet d'encre à la demande :**

  Cette technique consiste à maintenir une basse pression dans le circuit d'encre ; celle-ci retient l'encre dans la buse tandis qu'un convertisseur produit une onde de choc chaque fois qu'une goutte doit être propulsée.

- **Le jet d'encre solide :**

  Cette nouvelle technique est apparue en 1991 lors de la sortie de l'imprimante Tektronix Phaser III Pxi. Présentée sous la forme d'une pastille ou d'un bâton, l'encre se liquéfie par chauffage de la buse. Dès qu'elle pénètre dans les fibres du papier, elle reprend aussitôt sa consistance solide initiale. Cette technique, qui porte aussi parfois le nom de « Jet d'encre à changement de phase », donne d'excellents résultats proches de ceux obtenus par le procédé thermique : pas de bavures et des couleurs plus vives. Elle permet également l'utilisation de papier ordinaire.

- **Le jet d'encre analogique :**

  Cette technique, encore dénommée « à bulle d'encre », a été développée par Canon. L'extrémité de la buse, chauffée par une résistance, transforme l'encre en vapeur de manière à former une petite bulle. Sous l'effet de la pression, la petite quantité d'encre proche de l'orifice est éjectée.

- **Le jet d'encre piézo :**

  Cette technique largement employée par Epson utilise un cristal piézoélectrique qui, en se déformant, chasse des gouttelettes d'encre à travers des buses très fines (fig.3.71).

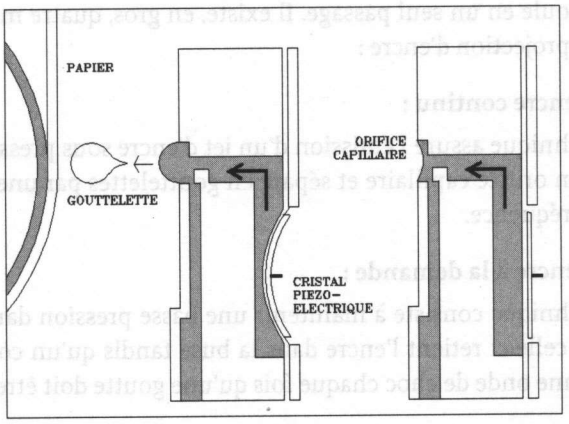


Fig.3.71

Il existe une grande disparité de choix dans les imprimantes à jet d'encre. Il faudra donc, en fonction de l'application en cours, faire un compromis et donner la préférence à l'un ou l'autre des critères suivants :

- **La résolution :** est un paramètre qui désigne la précision de l'imprimante. Elle s'exprime en points par pouce (ppp).
- **La vitesse d'impression** : c'est le nombre de pages imprimées à la minute (ppm). Elle varie en fonction de la qualité d'impression.
- **L'interface** : c'est ce qui permet de relier l'imprimante à l'ordinateur. Pour les PC, un port parallèle ou USB ; pour les Mac, un port USB. Il convient de souligner que de plus en plus d'ordinateurs ne sont équipés que d'un port USB. Certains modèles proposent également un port infra rouge afin d'imprimer directement des clichés à partir d'un appareil photo numérique.
- **La taille maximale** des documents : la plupart des imprimantes se limitent au format A4 (21x29.7 cm), mais il existe des imprimantes A3 pour des utilisateurs plus exigeants.
- **Les différents supports** : du papier ordinaire aux transparents en passant par des transferts, ces types de papiers peuvent être supportés par certaines imprimantes à jet d'encre. Au niveau du papier, elles offrent plus de souplesse que leurs homologues lasers.

La technologie à transfert thermique

Ce type d'imprimante comporte des rubans ou des films spéciaux revêtus d'une encre à base de cire qui fond localement grâce à une série d'électrodes chauffées et se dépose par contact sur le papier (fig.3.72). Dans les modèles simples, la tête d'impression est mobile et balaie le papier, ligne après ligne. Par contre, dans les modèles haut de gamme, elle est constituée d'une rangée de résistances chauffantes alignées, qui couvre la largeur du papier. Il ne s'agit plus dans ce cas d'un ruban mais d'un film de cire qui correspond aux dimensions de la feuille à imprimer. Le processus de transfert nécessite quatre passages, plus le noir. Le rendu des couleurs est parfait avec cette technologie et les aplats bien uniformes. Il est également possible d'imprimer des fichiers d'image au format PostScript. De plus, la plupart des imprimantes de ce type sont certifiées Pantone et reproduisent donc ce type de couleurs lorsqu'elles sont utilisées avec des logiciels répondant à cette norme. Si cette technologie est souvent jugée onéreuse, c'est qu'en plus du prix d'achat elle nécessite un papier spécial, très lisse, peu absorbant, qui ne « boive » pas l'encre.

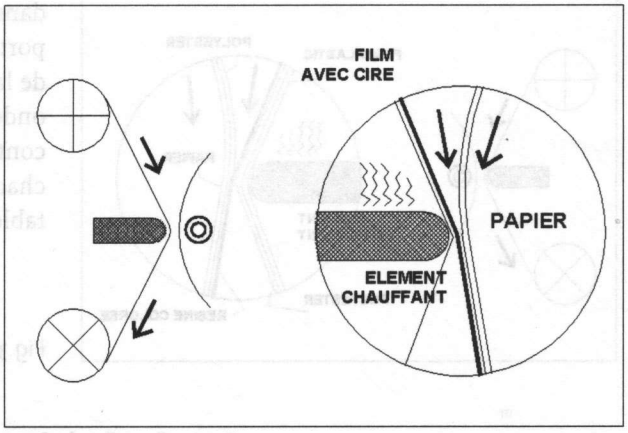


Fig.3.72

La technologie à sublimation thermique

La technologie à sublimation thermique, encore dénommée « Thermal dye sublimation transfer » en anglais, produit des images d'un rendu quasi photographique avec une palette de couleurs de qualité incomparable. Il s'agit d'un procédé à sec : la couleur est générée sur le papier après passage directement de l'état solide à l'état gazeux. Il s'agit d'une réaction chimique entre le papier et la résine colorée qui se dépose dessus. Les têtes d'impression libèrent plus ou moins de vapeur suivant la teinte désirée (fig.3.73). Cette technologie a été mise au point par les fabricants de matériel photographique, tels que Dupont de Nemours et Kodak. Outre la qualité du rendu, le point fort de cette technique est de résoudre le problème de la gradation des

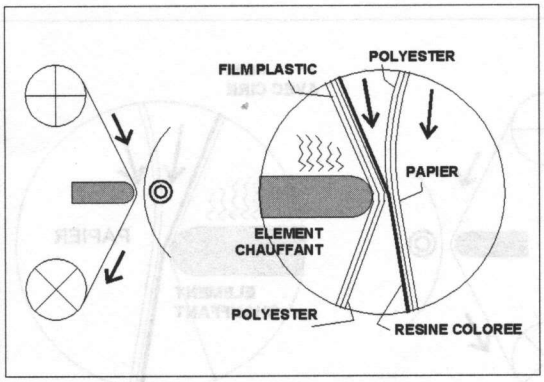


Fig.3.73

teintes. Aucune technique de « dithering » n'est utilisée dans ce cas. En effet, la quantité d'encre transférée est proportionnelle à l'élévation de température de chaque point de la tête thermique. La modulation, en 256 niveaux, des ondes électriques reçues par les résistances chauffantes contrôle donc directement la densité de l'encrage, pour chaque pixel, et produit une image en tons continus véritables.

La technologie laser

L'imprimante laser reproduit à l'aide de points l'image que lui envoie l'ordinateur. Son fonctionnement est le suivant (fig.3.74) :

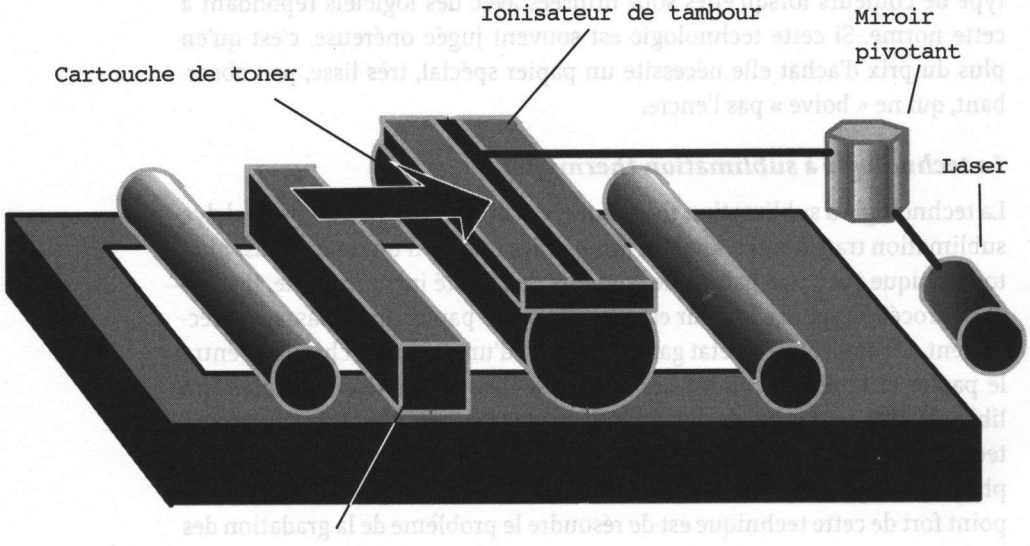


Fig.3.74

Un ionisateur de papier charge les feuilles positivement. Un ionisateur de tambour charge le tambour négativement. Le laser quant à lui (grâce à un miroir qui lui permet de se placer) charge le tambour positivement en certains points. Du coup, l'encre du toner chargée négativement se dépose sur les parties du toner ayant été chargées par le laser, qui viendront se déposer sur le papier.

Ainsi, l'imprimante laser n'ayant pas de tête mécanique est beaucoup plus rapide et moins bruyante.

Le marché des imprimantes laser couleur se segmente en deux technologies :

- **La technologie « carrousel »** : l'appareil effectue quatre passages pour imprimer un document (un par couleur primaire et un pour le noir). L'impression est alors en théorie quatre fois moins rapide en couleur qu'en noir.
- **La technologie « tandem »** : l'appareil dépose chaque couleur en un seul passage, les toners étant disposés parallèlement. L'avantage réside dans le fait que les sorties sont aussi rapides en noir qu'en couleur. L'inconvénient de cette technologie est son prix de revient plus élevé, car la mécanique est plus complexe.

La reproduction dans un imageur

Le générateur de diapositives, encore appelé « imageur » ou « film recorder » ou « slide writer » en anglais, est un périphérique capable de créer des diapositives à partir d'images écran.

Les diapositives ainsi créées ont une résolution de loin supérieure à la définition de l'écran. Les standards actuels sont le « 4K », soit 4096 x 2732 points et le « 8K » qui correspond à 8192 x 5460 points. Cette définition très élevée est commandée par le fait qu'en projection, les diapos sont agrandies de 30 à 50 fois. L'utilisation traditionnelle des imageurs consiste à produire des graphes de type « camemberts » ou autres ainsi que des illustrations, à des fins de présentation audiovisuelle. L'utilisation actuelle des ordinateurs portables a fortement diminué l'utilisation de ce périphérique.

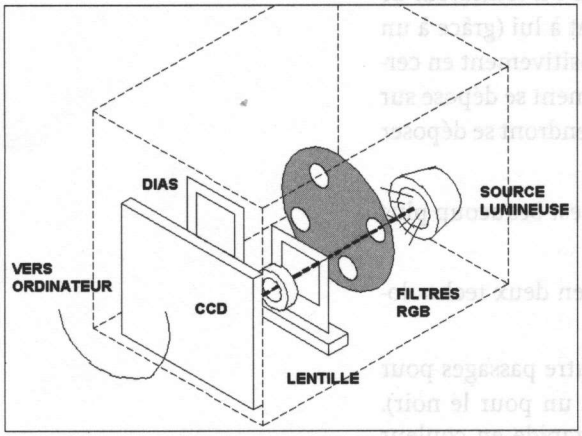


Fig.3.75

L'imageur se présente habituellement sous la forme d'un long boîtier faisant office de chambre noire, dans lequel deux dispositifs se font face : à une extrémité, un petit écran vidéo monochrome et, à l'autre, un appareil photo 35 mm. Entre les deux se trouve un disque équipé de trois filtres couleur : rouge, vert, bleu (fig.3.75). Un spot parcourt l'écran en éclairant successivement chaque point pendant une durée proportionnelle à l'intensité de couleur du point analysé. L'appareil photo prend alors successivement, par superposition, trois clichés correspondant aux trois couleurs de base grâce à l'utilisation des trois filtres correspondants. Une interface spéciale (matérielle + logicielle) assure le pilotage du dispositif d'impression, interprétant les données des fichiers à reproduire et recalculant l'ensemble de manière à produire une image haute définition.

La qualité de l'image finale est variable d'un imageur à l'autre et dépend de plusieurs facteurs dont les principaux sont :

- la qualité du tube cathodique ;
- l'exactitude de la séparation des couleurs ;
- la définition de l'objectif situé entre l'écran et le film.

La reproduction sur photocomposeuse

La photocomposition, dont l'origine se situe vers 1915, est une technique de photo-impression qui utilise l'action de la lumière sur une pellicule photographique. Les modèles anciennement utilisés étaient des photocomposeuses à caractères préformés (encore dénommées « à police matérielle ») et des photocomposeuses à tube cathodique (encore dénommées « à police électronique »). Mais ces modèles sont peu à peu abandonnés au profit d'une nouvelle génération de machines : les photocomposeuses à laser et surtout les photocomposeuses compatibles PostScript. Cette nouvelle génération de photocomposeuses, encore appelées « flasheuses » (« imagesetters »

en anglais) pour les différencier des autres, n'a plus rien à voir avec les modèles antérieurs qui ne sortaient que du texte. Entre la sortie sur imprimante laser et celle sur photocomposeuse, seule change la définition (de 300 dpi à plus de 3000 dpi), puisque toutes les deux utilisent le langage PostScript.

La photocomposeuse permet de produire un cliché sur film transparent ou sur papier photographique opaque. Les négatifs tirés sur ce papier spécial portent le nom de « bromures » ; les bromures sont donc des épreuves photographiques obtenues sur un papier sensible, revêtu d'une émulsion au bromure. Quant au film transparent, encore dénommé « typon », il est utilisé par l'imprimerie offset où il sert de base à l'élaboration de la plaque. La photocomposeuse permet également d'assurer la séparation des couleurs et de produire ainsi, pour un document donné, quatre films ou quatre bromures, correspondant aux quatre couleurs de base de la quadrichromie CMYK.

La PAO a largement contribué à l'intégration du texte et de l'image sur un même film et cela principalement grâce au langage PostScript. C'est la société Linotype qui a été la première à lancer sur le marché une photocomposeuse compatible PostScript, la Linotronic 100, grâce à un calculateur, encore dénommé RIP (Raster Image Processor), qui lui était associé. Depuis, les photocomposeuses PostScript ont envahi le marché.

Deux systèmes sont aujourd'hui disponibles : les photocomposeuses à cabestan et à tambour. La différence entre une photocomposeuse à cabestan et une flasheuse à tambour réside dans le défilement du film. Les photocomposeuses à cabestan intègrent des moteurs puissants, qui fonctionnent en opposition, maintenant ainsi parfaitement la planéité du film. Le support défile alors devant le faisceau laser. Dans les flasheuses à tambour, le film est plaqué à l'intérieur d'un tambour par aspiration. Le faisceau laser balaie la surface du film ainsi immobilisé. Cette deuxième technologie offre une plus grande précision. Les formats des photocomposeuses à tambour sont parfaitement adaptés aux presses offset et facilitent donc le report sur la plaque en évitant le montage manuel des films.

Le RIP

Le Raster Image Processor (RIP) remplit trois fonctions :

- **Interprétation** : le RIP lit le programme PostScript envoyé par le logiciel graphique avec lequel on a réalisé les pages. Le langage de description de page « source » est alors exécuté et converti en primitives graphiques, mémorisées par la suite dans une zone de stockage intermédiaire, appelée Display List.
- **Rastérisation** : les primitives graphiques ainsi obtenues sont transformées en bitmap, à la résolution du périphérique de sortie.
- **Tramage** : le RIP réalise le tramage des éléments en tons continus (images, aplats couleur...) en leur allouant les valeurs de linéature et d'orientation spécifiques au périphérique utilisé.

En pratique, le RIP est un boîtier ou une carte électronique qui transforme une image vectorielle, formée d'une succession d'éléments graphiques, en une image bitmap compréhensible par une imprimante laser ou une photocomposeuse PostScript. Ce processus de transformation est très simple. Un ou plusieurs microprocesseurs, installés sur la carte du RIP, analysent les composants graphiques de l'image et les « tracent », au fur et à mesure, dans la mémoire du RIP. Quand cette opération est terminée, le RIP lit sa mémoire ligne par ligne, puis envoie ces lignes au module d'écriture de l'imprimante ou de la photocomposeuse (fig.3.76).

La mémoire du RIP est proportionnelle à la définition du périphérique de sortie. Ainsi, si une imprimante laser à 300 dpi a besoin d'une capacité de mémoire de l'ordre de 1 Mo pour traiter une image A4, une photocomposeuse à 2540 dpi a facilement besoin d'une mémoire de 150 Mo pour traiter une image au format A3. Une mémoire de stockage importante est donc nécessaire. D'autre part, les temps de traitement sur le RIP sont également proportionnels à la complexité de l'image et à la définition de sortie. Si les premiers interpréteurs étaient relativement lents, les modèles récents deviennent de plus en plus puissants. On a ainsi vu arriver le RIP 2, ou Atlas, puis le RIP 3, ou Saturne, le RIP 4, ou RIP 30, le RIP Emerald, etc. Les RIP actuels, comme l'Harlequin RIP Eclipse Release, sont en général compatibles Postscript 3 et PDF.

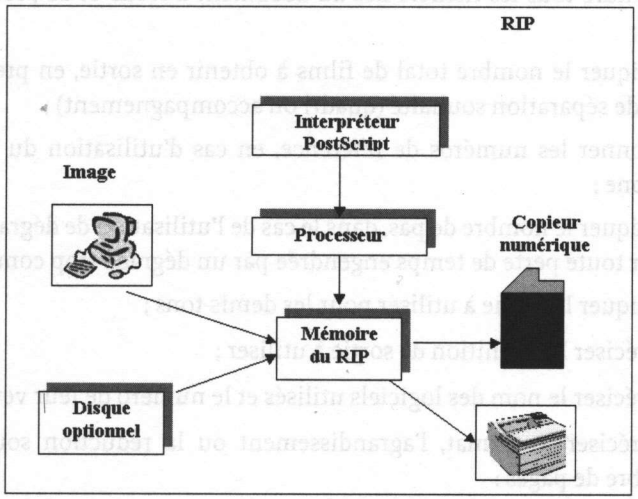


Fig.3.76

Le flashage

Le flashage, qui consiste à produire des films ou des bromures à partir de documents traités sur un micro-ordinateur, est le plus souvent réalisé chez un prestataire de services spécialisé, couramment appelé le « flasheur ». La plupart des utilisateurs en PAO n'ont en effet pas une production suffisante pour justifier l'achat d'une photocomposeuse PostScript.

Pour que le flashage se fasse dans les meilleures conditions, il est nécessaire de respecter certaines consignes. En effet, beaucoup de bureaux de flashage reconnaissent que trop de documents à flasher arrivent dans leurs services avec des erreurs. Il ne suffit donc pas de remettre ceux-ci au flasheur et d'attendre les résultats, un minimum de règles doivent en effet être respectées. Il convient donc, par exemple :

- de sortir une épreuve de contrôle sur une imprimante laser ou couleur pour vérifier le contenu du document et pour permettre au flasheur de comparer le résultat de son travail avec la demande du client ;
- de calibrer son système graphique, sur la base du périphérique de sortie du flasheur ;

- de joindre tous les fichiers liés au document à sortir et de préciser leur nom ;
- d'indiquer le nombre total de films à obtenir en sortie, en précisant le type de séparation souhaité (quadri ou accompagnement) ;
- de donner les numéros de référence, en cas d'utilisation du nuancier Pantone ;
- d'indiquer le nombre de pas, dans le cas de l'utilisation de dégradés, pour éviter toute perte de temps engendrée par un dégradé trop complexe ;
- d'indiquer la trame à utiliser pour les demis-tons ;
- de préciser la définition de sortie à utiliser ;
- de préciser le nom des logiciels utilisés et le numéro de leur version ;
- de préciser le format, l'agrandissement ou la réduction souhaité, le nombre de pages ;
- etc.

Pour que le flashage se fasse dans les meilleures conditions, il est donc essentiel qu'un dialogue s'instaure dès le départ entre le client et le flasheur.

L'impression offset

• Principe

L'impression offset est un procédé utilisé en imprimerie et basé sur la répulsion de certains corps pour d'autres. Ainsi dans le cas présent, l'eau et l'encre (corps gras), mises en présence, se repoussent mutuellement. Il est principalement utilisé pour les travaux d'impression de haute qualité en moyens et forts tirages.

Le film (ou typon) issu du flashage est reproduit sur une plaque métallique par procédé photographique. Cette plaque, dénommée « forme imprimante », est fixée sur le cylindre, dénommé « porte plaque », d'une presse offset et se trouve en contact avec les systèmes de mouillage et d'encrage. Le système de mouillage humidifie le métal à nu qui refuse le dépôt d'encre, tandis que le système d'encrage dépose une pellicule d'encre sur les zones occupées par l'image. L'image encrée se décalque ensuite sur le second cylindre, dénommé « porte blanchet », qui lui-même imprime la pellicule d'encre sur

le papier. Celui-ci est entraîné par la pression du cylindre « porte blanchet » contre le troisième cylindre dénommé « de pression » (ou de « contre-pression »). Les feuilles sont ensuite réceptionnées et « taquées » en pile (fig.3.77).

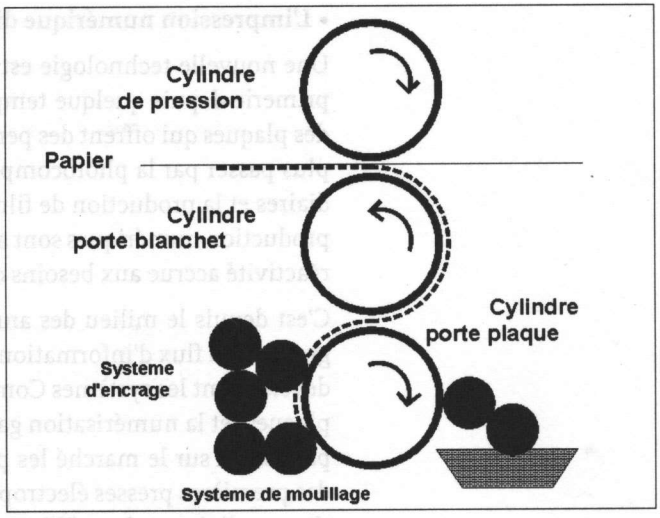


Fig.3.77

• L'impression en quadrichromie

Les presses offset peuvent imprimer en une, deux, quatre et plus rarement en cinq ou six couleurs. Dans le cas de l'impression en quadrichromie l'image en couleur est restituée par l'impression successive sur papier blanc des quatre images réalisées lors de la sélection des couleurs. Dans ce cas, chacun des quatre films (ou typons) est reporté sur une plaque métallique destinée à l'impression dans sa couleur respective. Chacune de ces plaques est ensuite calée sur le cylindre « porte plaque » de son unité d'impression. Chaque feuille passe donc à travers quatre unités d'impression, dont l'ordre est variable : cyan, magenta, jaune et noir.

• L'impression en tons directs

Certaines presses sont équipées de cinq ou six unités d'impression, afin d'imprimer à la suite des quatre couleurs de la quadrichromie une ou deux couleurs supplémentaires dites « couleurs d'accompagnement » en tons directs. Dans ce cas, la couleur de l'encre utilisée dans le système d'encrage détermine directement la couleur imprimée sur le papier. La couleur en « tons directs » est habituellement conforme au nuancier Pantone, afin d'éviter toute confusion dans le choix et la dénomination de la couleur souhaitée. La couleur en « tons directs » est principalement utilisée pour reproduire une couleur de marque présente dans un logo par exemple.

• **L'impression numérique directe**

Une nouvelle technologie est en train de révolutionner le monde de l'imprimerie depuis quelque temps. Il s'agit des systèmes d'exposition directe des plaques qui offrent des perspectives plus qu'intéressantes. Il s'agit de ne plus passer par la photocomposition en supprimant les épreuves intermédiaires et la production de films préalable à l'impression offset. Les flux de production numériques sont automatisés et optimisés, ce qui implique une réactivité accrue aux besoins des clients.

C'est depuis le milieu des années 80 qu'on assiste à la numérisation progressive du flux d'information dans le prépresse. Au début des années 90, se développent les systèmes Computer-to-Plate ou CTP (insolation directe des plaques) et la numérisation gagne l'impression proprement dite, lorsqu'apparaissent sur le marché les premières presses numériques. Avec l'arrivée des premières presses électrophotographiques en 1993, l'impression numérique se divise en deux filières, le Computer-to-Print (CTPrint) et Computer-to-Press (CTPress) de même que l'impression classique distingue le Computer-to-Film (CTFilm) du Computer-to-Plate (CTP) (fig.3.78) :

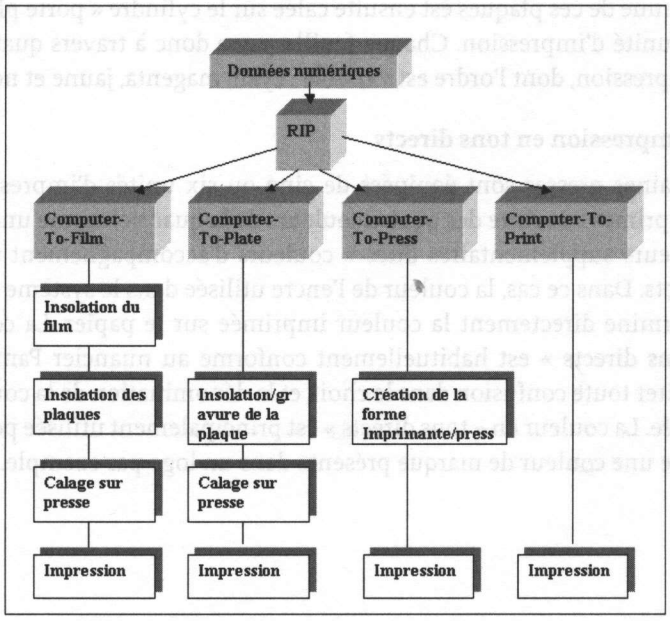


Fig.3.78 (D'après Doc. CERIG/EFPG)

- **Computer-To-Film (CTF)** : caractérise une chaîne graphique dont le flux de l'information est traité de façon numérique jusqu'à la production du film. La conception du document s'effectue à l'aide d'outils logiciels comme le traitement de texte (ex. : Word), le traitement d'image (ex. : Photoshop), le dessin au trait (ex. : Illustrator) , la mise en page (ex. : XPress), etc. Le fichier PostScript résultant est transmis à un RIP (Raster Image Processor) qui crée, pour chaque couleur CMJN, le fichier bitmap contenant les points de trame correspondants. Ces fichiers bitmap sont utilisés par l'imageuse pour produire le film qui sert à insoler les plaques. C'est au niveau de l'imageuse que l'information repasse de l'état numérique à l'état analogique, et le reste jusqu'à la réalisation finale de l'imprimé.
- **Computer-To-Plate (CTP)** : caractérise une chaîne graphique dans laquelle il y a suppression de l'étape du film. Les fichiers issus du RIP sont transmis directement à un dispositif (unité d'insolation / graveur CTP) qui « imprime » directement les plaques, grâce à un laser ou une diode laser émettant dans le visible ou l'infrarouge.
- **Computer-To-Press » (CTPress)** : caractérise une chaîne graphique dans laquelle les plaques sont gravées directement sur la presse.
- **Computer-To-Print » (CTPrint)** : caractérise une chaîne graphique dans laquelle une image « latente » est générée directement à chaque tour de presse, puis révélée.

CHAPITRE 4
LA GESTION DE LA COULEUR

1. La gestion des couleurs : une nouvelle façon de faire

Toute personne un temps soit peu intéressée par l'utilisation des images en couleur sur ordinateur a certainement à un moment ou l'autre fait une remarque du genre (fig.4.1) : « cette image me semble différente qu'hier » ou « quand j'imprime l'image je n'obtiens pas le même résultat qu'à l'écran » ou encore « cette image semble être différente à la maison qu'au bureau ». Ce genre de remarques n'a rien d'exceptionnel et existe dans d'autres contextes comme celui de la vitrine d'un magasin audio visuel (fig.4.2) ou du rayon équivalent dans une grande surface muni d'un ensemble d'écrans TV posés côte à côte. Tous ces écrans sont rarement identiques.

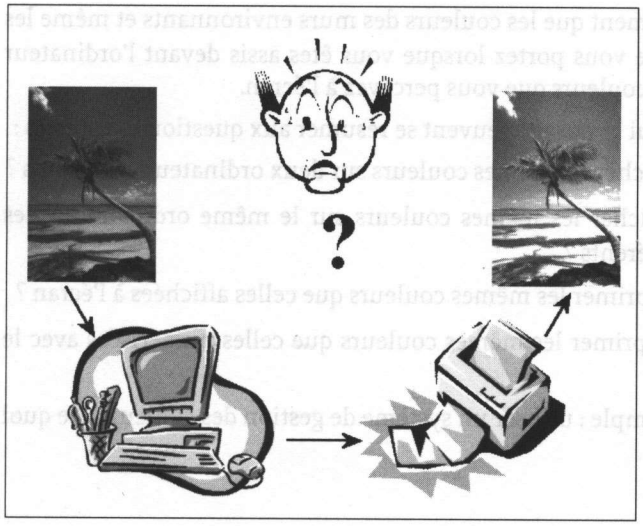
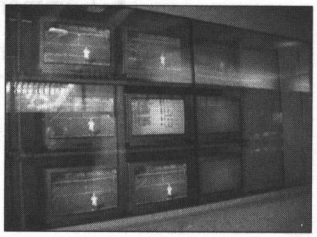


Fig.4.1

Fig.4.2



Tous ces phénomènes proviennent des quelques constatations suivantes :

- Les différents périphériques (scanner, moniteur, imprimante, etc.) utilisés dans la chaîne graphique fonctionnent selon des principes différents même s'ils prennent en compte la même image. Ainsi le scanner convertit de la lumière en signal électrique par l'intermédiaire de capteurs CCD. L'écran affiche des pixels projetés par des canons à électrons. L'imprimante reproduit l'image sur le papier avec de l'encre. Ces périphériques, en fonction de leur technologie, ne « voient » ou ne « reproduisent » pas la couleur de façon identique.
- Deux moniteurs de la même marque et du même modèle produiront souvent des couleurs légèrement différentes parce que chaque matériel possède sa propre gamme de couleurs reproductibles. L'âge, l'éclairage ambiant et les autres conditions environnementales influencent également la façon dont un moniteur affiche la couleur.
- Sur une même imprimante, une même image sera imprimée de façon différente en fonction des consommables et des conditions environnementales.
- Il arrive également que les couleurs des murs environnants et même les vêtements que vous portez lorsque vous êtes assis devant l'ordinateur modifient les couleurs que vous percevez à l'écran.

Les problèmes qui se posent peuvent se résumer aux questions suivantes :

- Comment afficher les mêmes couleurs sur deux ordinateurs différents ?
- Comment afficher les mêmes couleurs sur le même ordinateur à des moments différents ?
- Comment imprimer les mêmes couleurs que celles affichées à l'écran ?
- Comment imprimer les mêmes couleurs que celles numérisées avec le scanner ?

La réponse est simple : utiliser un système de gestion des couleurs. De quoi s'agit-il ?

2. Principe et fonctionnement de la gestion de la couleur

La gestion de la couleur n'est pas une nouvelle technique pour traiter le problème de la couleur mais plutôt une nouvelle manière d'aborder de façon plus intégrée, un peu à l'image d'un processus de « qualité », l'ensemble des étapes du flux de production numérique. Elle part du principe que la couleur doit être considérée comme un « produit » à part entière qu'il convient de gérer comme n'importe quel autre produit dans un processus industriel : acquisition de la matière première, transformation, fabrication, contrôle, produit fini.

L'objectif de la gestion de la couleur est ainsi d'assurer la conservation et la reproduction la plus fidèle possible de l'information couleur, tout au long d'une chaîne de production numérique qui fait appel à une série d'outils matériel et logiciel aussi différents les uns que les autres.

La gestion de la couleur est souvent dénommée « Gestion ICC des couleurs » ou « Gestion des couleurs ICC » pour souligner qu'elle est issue d'un consortium international traitant de la couleur ; à savoir l'« ICC » ou International Color Consortium. Cet organisme a été fondé en 1993 par huit sociétés dont Adobe, Agfa, Apple, Kodak, Microsoft, Silicon Graphics et Sun, et compte à présent plus de 60 membres. L'ICC propose un format qui vise à représenter les couleurs d'une manière constante d'un appareil et d'un environnement à l'autre. Il fournit également des lignes directrices qui décrivent ce qui devrait être inclus à propos des couleurs dans un profil d'entrée et de sortie, afin d'assurer une mise en œuvre appropriée dans un programme utilitaire ou une application conforme à l'ICC.

La gestion de la couleur s'effectue en trois étapes principales et successives (fig.4.3) :

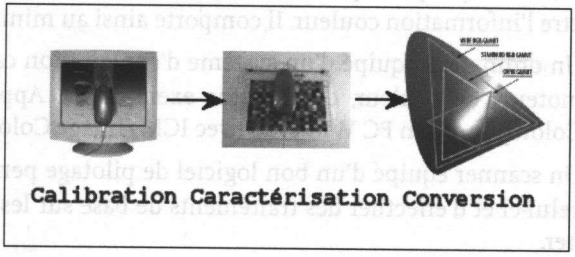


Fig.4.3

- **La calibration (ou étalonnage)** : consiste à maintenir le périphérique dans un bon état de fonctionnement et à le régler de telle façon qu'il produise un résultat conforme aux normes du constructeur ou à ses propres normes en fonction de son environnement de travail. L'essentiel est de garantir une stabilité dans le temps. Dans le cas d'un écran, par exemple, on utilise habituellement un colorimètre qui mesure la lumière émise par le tube et un logiciel qui corrige les valeurs au niveau de la carte graphique.
- **La caractérisation** : consiste à mesurer un ensemble d'informations colorimétriques issues d'un périphérique et à les comparer à des valeurs de référence. Cette étape permet d'avoir une description précise de la capacité de ce matériel à lire (ex.: scanner) ou à reproduire (ex. : écran, imprimante) un ensemble de couleurs. Cette description est enregistrée dans un fichier spécial dénommé « profil ICC » du périphérique et qui est en quelque sorte sa carte d'identité. La caractérisation s'effectue à l'aide de chartes de couleurs normalisées et d'un colorimètre ou spectrophotomètre.
- **La conversion (ou mise en correspondance des couleurs)** : consiste à établir les correspondances colorimétriques entre les différents périphériques et à harmoniser le rendu des couleurs sur l'ensemble de la chaîne graphique. Cette opération requiert un profil source et un profil de destination vers lequel la conversion doit s'opérer. Elle est réalisée à l'aide d'un moteur de conversion (color engine) encore dénommé CMM (Color Management Module).

3. Les outils de la gestion des couleurs

Un système complet de gestion de la couleur nécessite outre l'ordinateur une série de périphériques et de logiciels capables d'exploiter et de transmettre l'information couleur. Il comporte ainsi au minimum (fig.4.4) :

- Un ordinateur équipé d'un système d'exploitation capable d'utiliser les moteurs de couleur, comme par exemple un Apple Macintosh avec Colorsync ou un PC Windows avec ICM (Image Color Management).
- Un scanner équipé d'un bon logiciel de pilotage permettant de calibrer celui-ci et d'effectuer des traitements de base sur les documents à scanner.

- Un écran d'ordinateur avec une bonne finesse d'affichage (pitch) et acceptant une définition d'affichage de 1280x1024 pixels et plus.
- Une imprimante couleur photo correspondant aux applications à traiter.
- Des outils de mesure (colorimètre et/ou spectrophotomètre) pour la calibration et la caractérisation.
- Un ou une série de logiciels capables de caractériser les périphériques et de créer les profils ICC.
- Une application de traitement, comme Photoshop par exemple, capable d'effectuer les conversions de couleurs à l'aide des profils ICC et du moteur de couleur CMM.

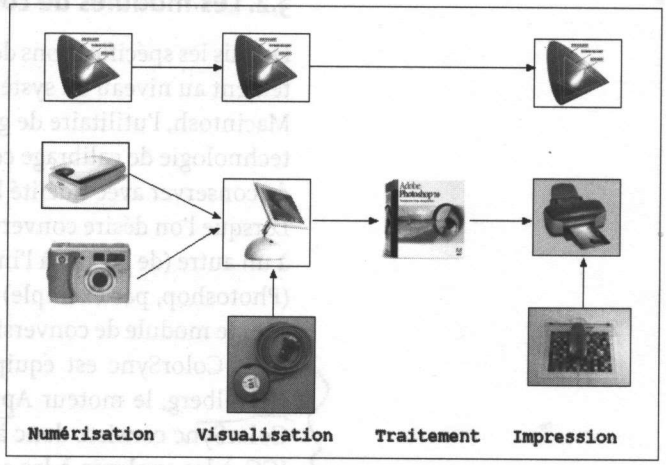


Fig.4.4

3.1. Les outils de mesure

Un système de gestion des couleurs utilise habituellement deux outils de mesure : le colorimètre et le spectrophotomètre :

Le colorimètre : il s'agit d'un appareil photosensible qui mesure les couleurs, selon le même principe que l'œil humain, c'est-à-dire par filtrage de leurs composantes rouge, verte et bleue. Il est principalement utilisé pour la caractérisation de l'écran (fig4.5).

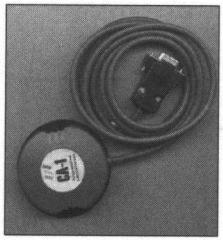


Fig.4.5

Le spectrophotomètre : il s'agit d'un appareil de mesure des couleurs extrêmement précis, qui utilise une grille de diffraction pour scinder la lumière en ses différentes longueurs d'onde, lesquelles sont ensuite mesurées par de nombreux capteurs. C'est un appareil beaucoup plus précis que le colorimètre. Il est surtout utilisé pour la caractérisation de l'imprimante, mais certains modèles peuvent aussi être utilisés pour l'écran (fig.4.6).

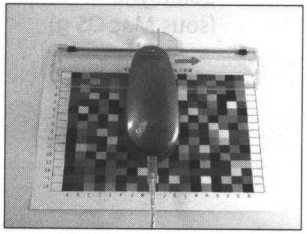


Fig.4.6 (Doc.Binuscan)

3.2. Les modules de conversion

Depuis les spécifications de l'ICC, la conversion des couleurs est gérée directement au niveau du système d'exploitation de l'ordinateur. Dans le cas du Macintosh, l'utilitaire de gestion porte le nom de ColorSync. Il s'agit d'une technologie de calibrage colorimétrique incluse dans MacOS et qui permet de conserver avec fidélité les couleurs tout au long de la chaîne graphique. Lorsque l'on désire convertir une image pour passer d'un espace de couleur à un autre (de l'écran à l'imprimante par exemple), le logiciel d'application (Photoshop, par exemple) fait appel à ColorSync qui à son tour va déclencher le module de conversion (ou CMM) sélectionné dans les paramètres de base. ColorSync est équipé de trois moteurs de conversion : le moteur Heidelberg, le moteur Apple CMM et le moteur Adobe (ACE). Le rôle de ColorSync consiste donc à lire les informations contenues dans les Profils ICC, à les analyser, à les comparer à des valeurs de référence, puis à transmettre les caractéristiques colorimétriques du profil à la carte graphique et aux diverses applications.

Fig.4.7
Le tableau de bord ColorSync (sous Mac OS 9)

ColorSync est plus qu'un moteur, c'est une extension système composée d'un ensemble d'éléments et d'outils. En pratique, la présence de ColorSync est visible grâce aux éléments suivants (fig.4.7-4.8) :

- L'extension ColorSync (à travers le gestionnaire d'extensions)
- Le Tableau de bord ColorSync (pour effectuer les différents réglages)
- Le dossier Profils ColorSync (ensemble de profils ICC classés par constructeurs)
- L'utilitaire de calibrage Apple
- Le dossier Compléments ColorSync (comprend un ensemble d'utilitaires et de scripts)

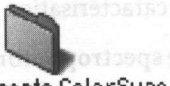


Fig.4.8

Dans le cas des ordinateurs PC Windows, le système de gestion intégré à Windows porte le nom de ICM pour Image Color Matching. Le moteur de conversion par défaut est celui d'Heidelberg. Il s'agit d'un système assez comparable à ColorSync, mais il est géré automatiquement par le système d'exploitation.

Il ne comporte donc pas de tableau de bord qui regroupe l'ensemble des réglages couleur comme sur le Macintosh.
Tous les profils sont regroupés dans le répertoire Color de Windows (\WINNT\system32\Color ou \WINNT\system32\spool\drivers\color) (fig.4.9).

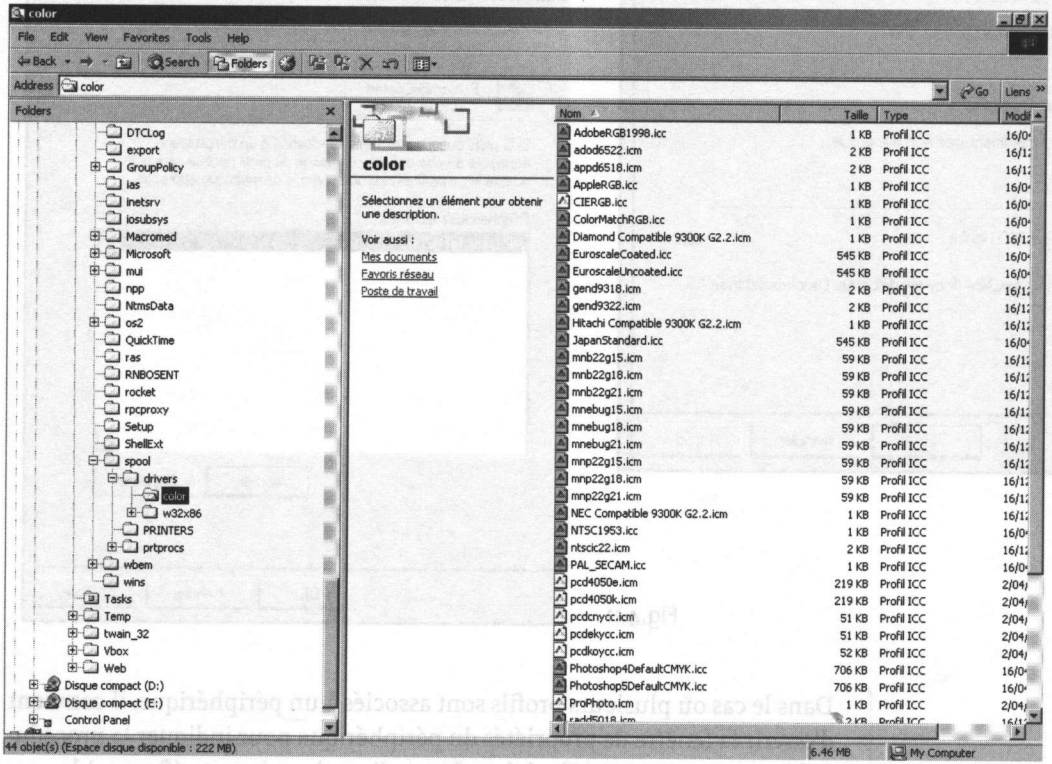


Fig.4.9

En effectuant un clic droit sur le profil il est possible d'afficher les propriétés du profil, de l'associer à un périphérique ou de désinstaller le profil d'un périphérique. La fenêtre Propriété du profil indique le nom du profil, le producteur du profil, des informations complémentaires et le copyright (fig.4.10).

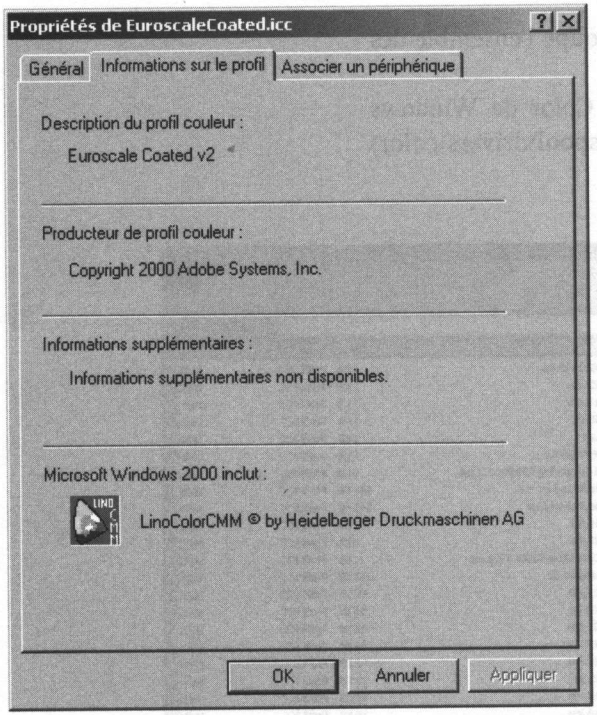


Fig.4.10

Pour associer un profil à un périphérique, il suffit d'activer l'onglet **Associer un périphérique** puis de cliquer sur **Ajouter** et de sélectionner le périphérique souhaité (fig.4.11).

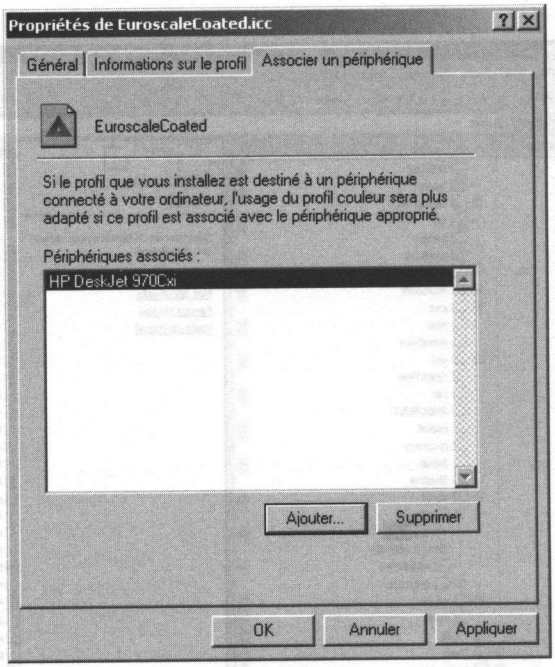


Fig.4.11

Dans le cas où plusieurs profils sont associés à un périphérique, il convient d'ouvrir la fenêtre de propriétés du périphérique pour indiquer la procédure à mettre en œuvre. Ainsi dans le cas d'une imprimante (fig.4.12) la procédure est la suivante :

1. Cliquez sur **Démarrer** › **Paramètres** › **Imprimantes**.
2. Effectuez un clic droit sur l'imprimante.
3. Sélectionnez l'onglet **Gestion des couleurs**.
4. Cliquez sur **Automatique** si Windows doit utiliser le profil le plus approprié.

⑤ Cliquez sur **Manuel** pour imposer un profil de la liste.

Ces deux systèmes (ColorSync et ICM) restent ouverts à tout autre CMM développé par des tiers comme Agfa, Kodak, EFI, etc.

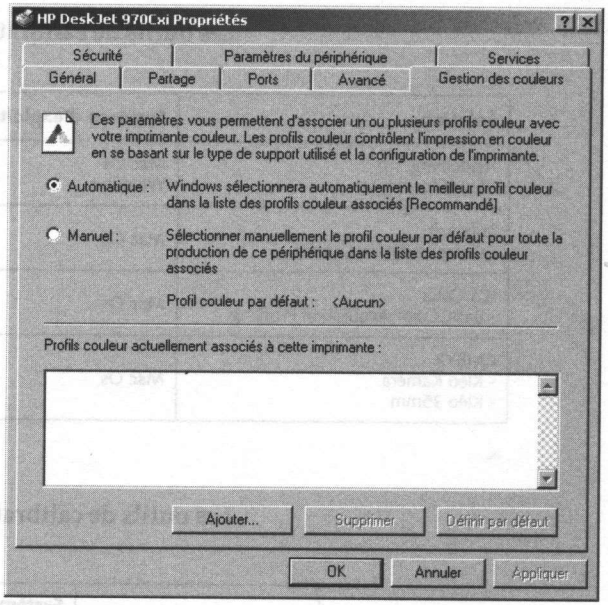


Fig.4.12

3.3. Les logiciels de gestion de la couleur

Deux familles de logiciels sont disponibles pour la gestion des couleurs : les logiciels de calibration/caractérisation pour un périphérique particulier (scanner, écran, imprimante) et les solutions complètes qui couvrent l'ensemble des opérations. Les tableaux qui suivent donnent un survol des différentes solutions :

Les outils de calibration et de création de profils pour écran

Solution	Système d'exploitation	Informations	Outil de mesure utilisé
GretagMabtech - Eye-One Display	Mac Os Windows	www.gretagmacbeth.com www.i1color.com	Spectrophotomètre Eye-One
Colorvision - PhotoCAL - OptiCAL	Mac Os Windows	www.colorvision.com	Colorimètre Spyder
Heidelberg - ViewOpen	Mac Os Windows	www.plantin.be	Colorimètre
Alwan Color Expertise - Monitor Expert Calibrator	Mac Os	www.alwancolor.com	Colorimètre
Praxisoft -CompassProfile Monitor	Mac Os	www.praxisoft.com	Colorimètre WiziWYG
ICS Color - BasICColor Display	Mac Os	www.icscolor.com	Colorimètre
QUBYX - Kléo	Mac Os	www.qubyx.com	Colorimètre Kléo
MonacoSystems - MonacoOPTIX	Mac Os Windows	www.monacosys.com	Colorimètre MonacoOPTIX

Les outils de calibration et de création de profils pour scanner

Solution	Système d'exploitation	Informations	Outil de mesure utilisé
Heidelberg - ScanOpen	Mac Os Windows	www.plantin.be	Charte interne
Praxisoft - CompassProfile Caméra	Mac Os	www.praxisoft.com	
ICS Color - BasICColor Acquisition Profiling	Mac Os	www.icscolor.com	Charte IT8
QUBYX - Kléo Kaméra - Kléo 35mm	Mac Os	www.qubyx.com	Charte IT8 et charte 35mm

Les outils de calibration et de création de profils pour imprimante

Solution	Système d'exploitation	Caractéristiques	Outil de mesure utilisé
Colorvision - ProfilerPro	Mac Os Windows	www.colorvision.com	Spectrophotomètre
Heidelberg - PrintOpen	Mac Os Windows	www.plantin.be	Spectrophotomètre de GretagMabtech
ICS Color - BasICColor Printer Profiling	Mac Os	www.icscolor.com	Spectrophotomètre de GretagMabtech ou X-Rite
QUBYX - Kléo Print - Kléo Print Pro	Mac Os et Windows	www.qubyx.com	Spectrophotomètre Xenon

Les systèmes complets de calibration et de création de profils

Solution	Système d'exploitation	Caractéristiques	Outil de mesure utilisé
GretagMabtech - Eye-One Publish	Mac Os Windows	www.gretagmacbeth.com www.i1color.com	Spectrophotomètre Eye-One
Binuscan - PhotoRetouch Pro	Mac Os	www.binuscan.com	Spectrophotomètre Binuscan
MonacoSystems - MonacoEZcolor - MonacoPROFILER	Mac Os Windows	www.monacosys.com	Colorimètre MonacoOPTIX Spectrophotomètre X-Rite
Heidelberg - ColorOpen	Mac Os Windows	www.plantin.be	Colorimètre Spectrophotomètre de GretagMabtech
Praxisoft - CompassProfile	Mac Os	www.praxisoft.com	
ICS Color- The vasICColor Tools	Mac Os	www.icscolor.com	Spectrophotomètre

4. Calibration et caractérisation des différents périphériques

Comme indiqué au début de ce chapitre, chaque périphérique de la chaîne graphique doit être calibré et caractérisé à l'aide de profils pour assurer une harmonisation de la couleur. Nous allons détailler ici ces différentes étapes.

4.1. Calibration du scanner

Un scanner correctement calibré produit théoriquement les mêmes valeurs pour chaque pixel d'une image entièrement du même ton dans la même couleur. Si la plupart des scanners se calibrent automatiquement, il peut cependant être utile de lancer régulièrement la procédure de calibration disponi le dans le pilote du scanner. Cette opération compense en général trois effets :

- L'éclairage est parfois inégal d'un côté à l'autre du scanner.
- Les éléments du capteur CCD ont des sensibilités légèrement différentes.

- Les éléments du capteur CCD ont des tensions au noir légèrement différentes.

Avant de calibrer, il convient de s'assurer qu'il n'y a aucun film ou document dans le scanner et que la vitre d'un scanner à plat est bien propre.

Pour un scanner haut de gamme on considère qu'il est correctement étalonné lorsqu'il reproduit en trichromie une gamme de tons neutres (type gamme Kodak) sans altérations sensibles d'écarts de densité, ou de dominantes de couleurs (fig.4.13). Cet étalonnage pointilleux, généralement confié aux hommes de l'art, et que l'on nomme « balance des gris », conditionne l'équilibre de la sélection standard, et la fiabilité des travaux à venir.

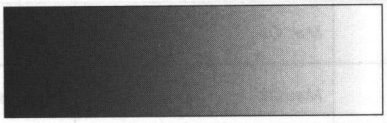


Fig.4.13

4.2. Caractérisation du scanner ou de l'appareil photo numérique

La caractérisation d'un scanner ou d'un appareil photo consiste à analyser la façon dont celui-ci « voit » les couleurs du document à scanner. L'opération nécessite l'emploi de chartes de couleurs normalisées et de logiciels adéquats. Le résultat de la caractérisation est stocké dans un fichier particulier nommé « profil ». Il est chargé par le programme de gestion chaque fois que le périphérique est employé, afin de corriger les erreurs colorimétriques. Les chartes de caractérisation sont en général fournies avec le scanner et si ce n'était pas le cas elles sont livrées avec le logiciel de gestion des couleurs. Les chartes principales sont :

- La charte IT8.7/1 au format 24x36 ou 4x5 pour les films inversibles.
- La charte IT8.7/2 au format 13x18 pour les tirages sur papier.
- La charte IT8.7/2 au format 21x29.7 pour la prise de vue numérique.

Ces chartes sont livrées avec un fichier contenant les valeurs de référence de chacune des couleurs s'y trouvant. Les principaux fabricants de chartes sont Agfa, Kodak et Fuji.

Une charte IT8.7/2 standard est composée d'une série de zones (fig.4.14) :

① Zone des basses lumières (tons sombres)
② Zone des tons moyens
③ Zone des hautes lumières (tons clairs)
④ Zone des couleurs primaires CMYK
⑤ Zone des couleurs primaires RGB
⑥ Zone de tons chair et autres tons délicats
⑦ Zone du blanc au noir (gamme dynamique)

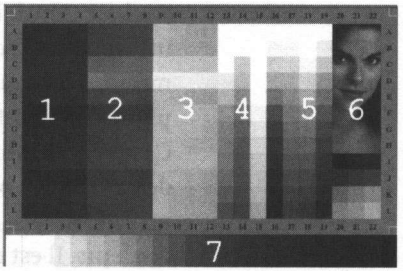


Fig.4.14

Une charte IT8.7/2 pour appareil photo numérique (fig.4.15) comprend dans la zone centrale une plage blanche pour effectuer la balance des blancs.

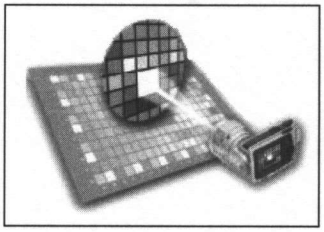


Fig.4.15
(Charte ColorChecker DC)

Pour scanner la charte IT8 il est important d'utiliser les paramètres par défaut du scanner et de bien nettoyer la vitre afin d'obtenir un fichier de scan brut qui contient tout ce que le scanner est capable de « voir » dans le document.

Après la numérisation, le logiciel de gestion compare les valeurs chromatiques réelles avec celles capturées par le scanner ou l'appareil photo numérique pour créer un profil (fig.4.16). Bien que cette opération ne soit à réaliser qu'une seule fois pour un scanner, un seul profil est d'un intérêt limité dans le cas d'un appareil photo numérique. Les appareils photo numériques étant utilisés dans des conditions d'éclairage variables, il est en effet conseillé de créer un profil pour chaque condition d'éclairage particulière si l'on envisage de traiter sérieusement la gestion des couleurs.

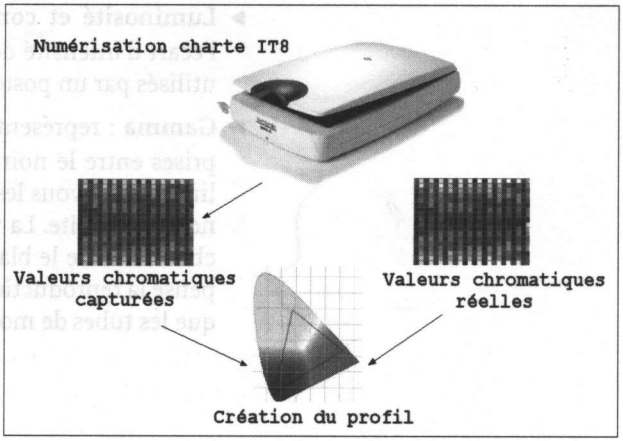


Fig.4.16

4.3. Calibration de l'écran

Pour rappel, l'écran d'un ordinateur utilise la lumière pour représenter la couleur. Ainsi, le rouge, le vert et le bleu sont les trois couleurs primaires utilisées par l'écran pour reproduire une palette pouvant aller jusqu'à 16,7 millions de couleurs. Chaque type d'écran utilise des phosphores (luminophores) qui tentent de reproduire les caractéristiques de la vision humaine. Ces types de phosphores peuvent différer d'un fabricant à l'autre, et le type de carte vidéo peut aussi affecter le rendu des couleurs à l'écran. De plus, la qualité et l'âge de l'écran affectent sa capacité à simuler efficacement les couleurs. Il est donc essentiel de calibrer régulièrement son écran.

Avant toute opération de calibration, il est nécessaire que le tube soit chaud, ce qui demande en général une heure. Il ne faut donc pas calibrer son écran juste après l'avoir mis en route. D'autre part, il est conseillé d'opter pour une température de couleur de 5500 K ou de 6500 K, qui sont proches des conditions d'observation habituelles de documents photographiques ou autres à la lumière du jour ou sous un éclairage artificiel.

La calibration d'un écran peut s'effectuer selon deux méthodes, soit par ajustement visuel (méthode subjective), soit par mesure et ajustement avec l'aide d'un colorimètre (méthode objective). Dans la première méthode, deux utilitaires gratuits sont disponibles : l'utilitaire d'étalonnage de Mac OS X ou l'utilitaire Adobe Gamma livré avec Photoshop pour Mac OS 9 ou Windows. Ces utilitaires portent sur les paramètres principaux suivants :

- **Luminosité et contraste** : représentent respectivement le niveau et l'écart d'intensité de l'affichage. Ces paramètres sont identiques à ceux utilisés par un poste de télévision.
- **Gamma** : représente la luminosité des tons moyens. Les valeurs comprises entre le noir et le blanc produites par un moniteur ne sont pas linéaires. Si vous les reportez sur un graphe, elles forment une courbe et non une droite. La valeur gamma définit la pente de cette courbe à mi-chemin entre le blanc et le noir. L'ajustement de la valeur gamma compense la reproduction tonale non linéaire des périphériques de sortie tels que les tubes de moniteur.

- **Luminophores** : représentent la substance utilisée par les moniteurs pour l'émission de lumière. Différents luminophores présentent des caractéristiques colorimétriques distinctes.
- **Point blanc** : Désigne les coordonnées (mesurées dans l'espace colorimétrique CIE XYZ) auxquelles les luminophores rouge, vert et bleu, à leur intensité maximale, produisent du blanc.

L'utilitaire d'étalonnage de Mac OS X

L'outil d'étalonnage est disponible en ouvrant les Préférences Système et en suivant la procédure suivante :

① Cliquez sur Moniteurs puis sur l'onglet Couleur.

② Cliquez sur Etalonner. L'assistant d'étalonnage s'affiche à l'écran.

③ Cochez le champ **Mode expert**, en bas de l'écran (fig.4.17).

④ L'étape **Réglage** permet de configurer le contraste et la luminosité. Le système propose de régler le contraste au maximum puis de corriger la luminosité de telle manière que l'ellipse située dans le carré de contrôle soit juste visible et que les deux moitiés de carré apparaissent noires (fig.4.18).

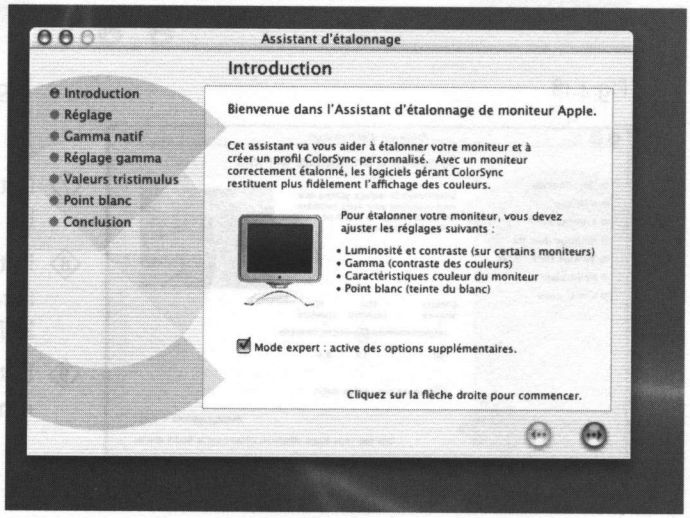


Fig.4.17

⑤ L'étape **Gamma natif** permet de corriger le gamma des trois couleurs de base : rouge, vert et bleu. Le logo Apple doit se confondre avec le motif rayé de l'arrière-plan (fig.4.19).

⑥ L'étape **Réglage gamma** permet de définir le gamma de l'écran. Il convient de garder la valeur par défaut 1.8 qui est le gamma standard du Macintosh (fig.4.20).

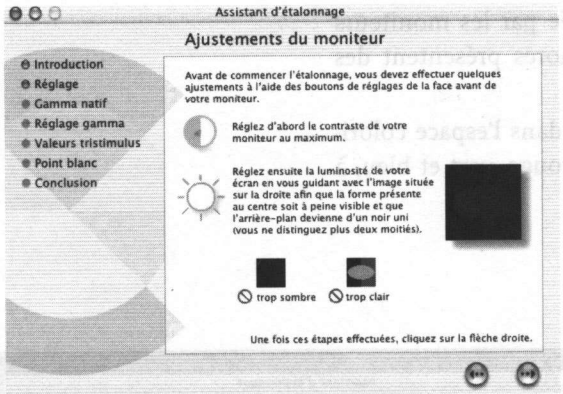


Fig.4.18

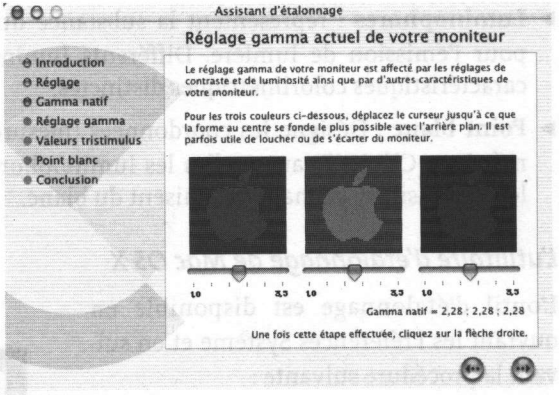


Fig.4.19

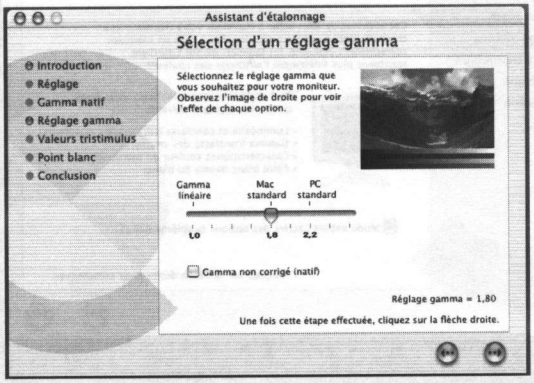


Fig.4.20

⑦ L'étape **Valeurs tristimulus** permet de paramétrer les carctéristiques couleurs du moniteur.

⑧ L'étape **Point blanc** permet de définir la température du point blanc. La valeur par défaut est de 6500 K. Il est conseillé de garder cette valeur (fig.4.21).

⑨ L'étape **Conclusion** permet d'enregistrer les différentes informations dans un profil (fig.4.22).

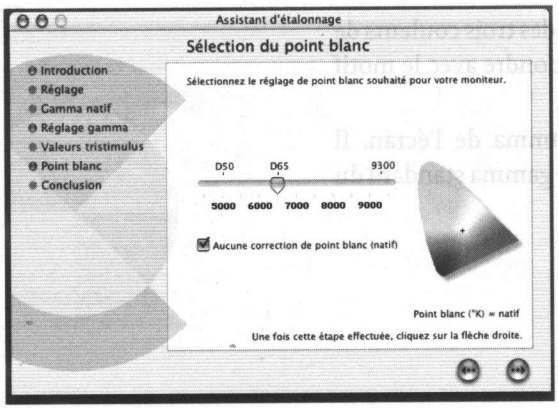


Fig.4.21

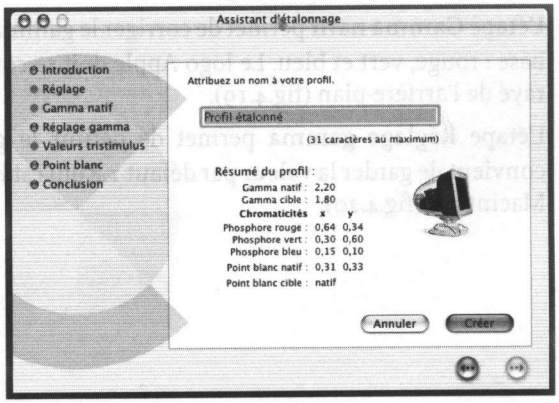


Fig.4.22

L'utilitaire Adobe Gamma

L'utilitaire Adobe Gamma est assez proche de l'assistant d'étalonnage. Il est compatible Mac et PC et se présente sous deux formes : un assistant qui parcourt l'assistant Etape par étape et une boîte de dialogue qui synthétise l'ensemble des réglages (fig.4.23). La procédure est la suivante :

① Lancez l'assistant par :

a. Mac OS : Menu Pomme › Tableau de bord › Adobe Gamma.

b. PC : Démarrer › Paramètres › Panneau de configuration › Adobe Gamma ou à défaut dans le dossier Program Files › Fichiers communs › Adobe › Calibration.

② Sélectionnez la version : Assistant ou Panneau de commande (fig.4.24). Par exemple Assistant.

③ Sélectionnez le profil générique fourni par le fabricant de votre moniteur en cliquant sur Charger (fig.4.25). S'il n'est pas disponible, utilisez n'importe quel autre profil de la liste. Les profils sont situés dans le répertoire système Colorsync Profiles (Mac OS) ou dans Windows (ou WINNT)\System (System 32)\Color.

④ Entrez une description du profil (fig.4.26).

⑤ Augmentez au maximum le contraste de l'écran, puis modifiez la luminosité afin d'obtenir un carré noir avec une marge blanche (fig.4.27).

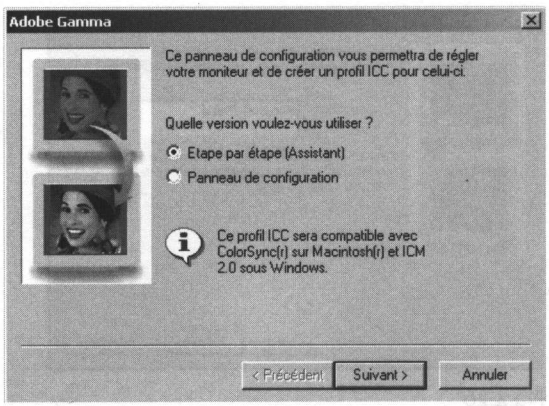


Fig.4.23

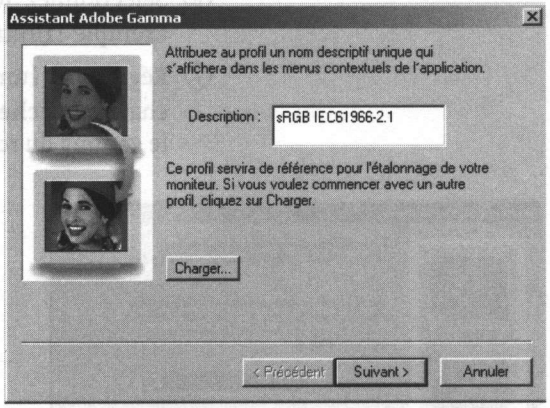


Fig.4.24

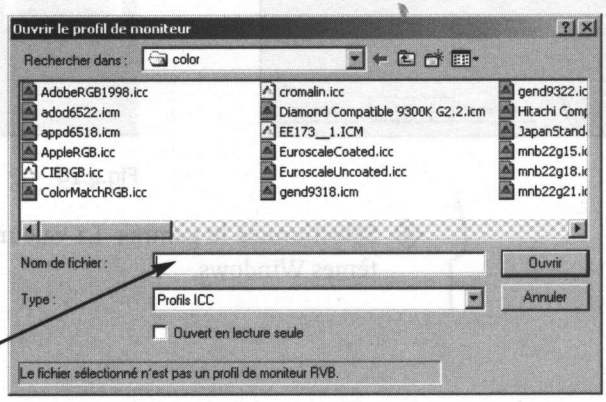


Fig.4.25

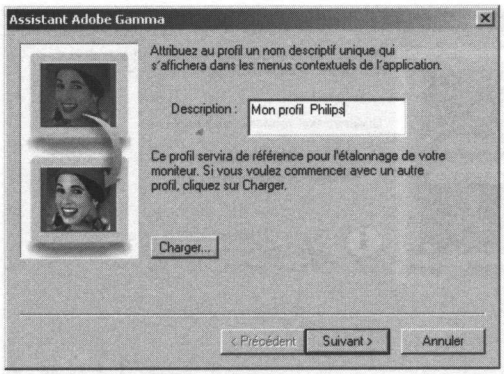


Fig.4.26

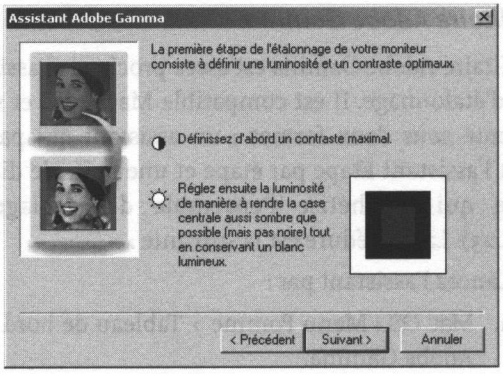


Fig.4.27

⑥ Sélectionnez le type de luminophore utilisé par le moniteur. Par exemple Trinitron (fig.4.28).

⑦ Réglez la luminosité moyenne du moniteur ou désactivez le champ **Afficher une seule couche gamma** pour corriger séparément le gamma du rouge, du vert et du bleu (fig.4.29).

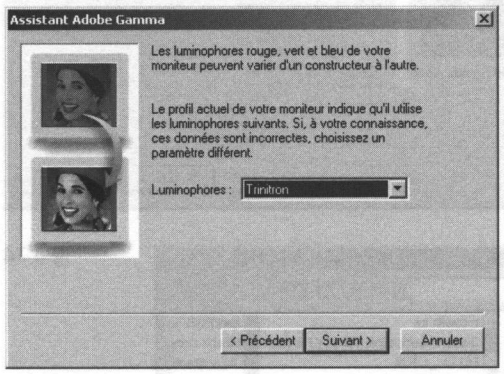


Fig.4.28

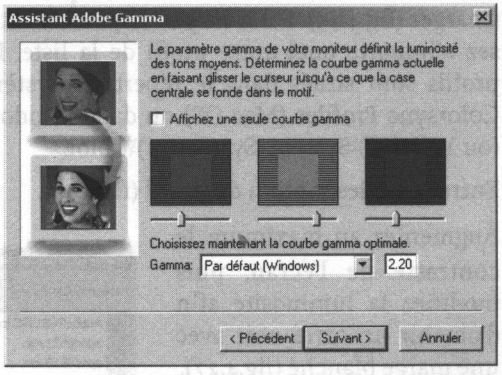


Fig.4.29

⑧ Sélectionnez le gamma. La valeur par défaut est de 2.20 pour les systèmes Windows.

⑨ Le point blanc est habituellement de 6500 K (fig.4.30). Cliquez sur Mesurer pour effectuer un contrôle et suivez les instructions qui s'affichent.

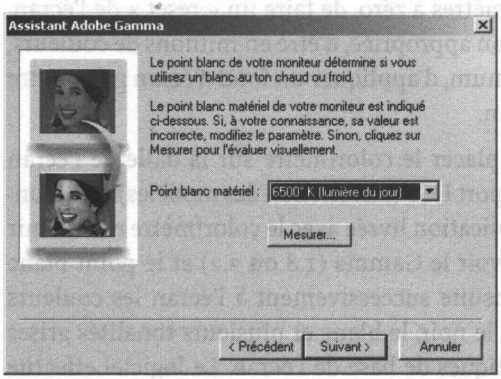


Fig.4.30

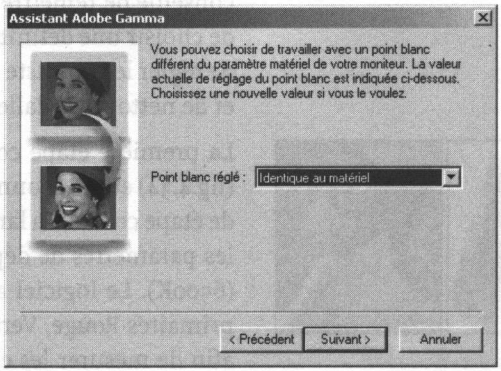


Fig.4.31

⑩ Confirmer ou non l'utilisation du point blanc défini au niveau du matériel. Vous pouvez aussi choisir une autre valeur pour un travail donné (fig.4.31).

⑪ Vous pouvez à présent tester la situation Avant et Après le réglage effectué (fig.4.32).

⑫ Sauvez votre configuration sous le nom indiqué au point 4 (fig.4.33).

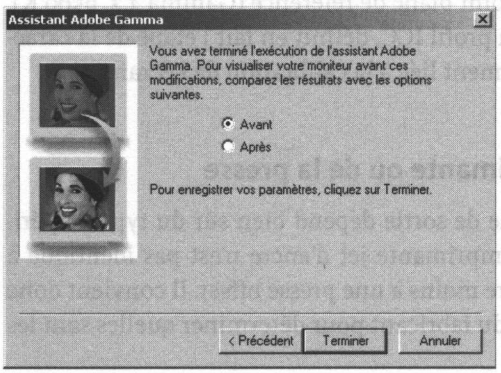


Fig.4.32

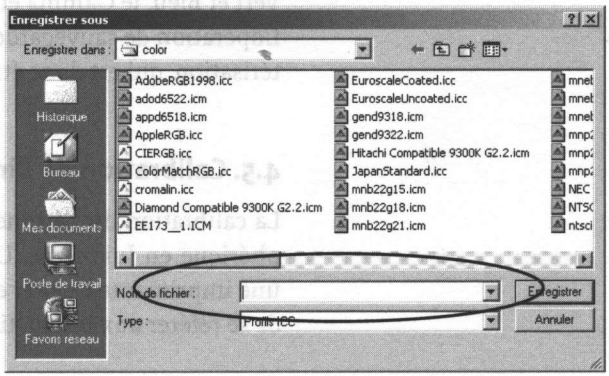


Fig.4.33

La calibration mesurée

La calibration par mesure s'effectue à l'aide d'un colorimètre appliqué sur l'écran et d'un logiciel spécialisé. Avant de lancer la procédure, il est conseillé de remettre les paramètres à zéro, de faire un « reset » de l'écran, de choisir une définition d'écran appropriée, d'être en millions de couleurs, de régler le contraste au maximum, d'appliquer un fond d'écran gris neutre et de nettoyer la dalle de l'écran.

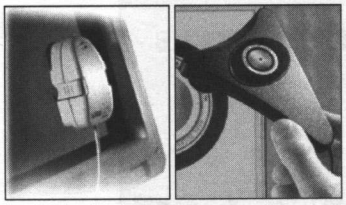


Fig.4.34

La première étape consiste à placer le colorimètre sur la dalle de l'écran (fig.4.34) et de le connecter au port USB (en fonction des modèles). La seconde étape consiste à lancer l'application livrée avec le colorimètre et à définir les paramètres de départ, à savoir le Gamma (1.8 ou 2.2) et le point blanc (6500K). Le logiciel affiche ensuite successivement à l'écran les couleurs primaires Rouge, Vert et Bleu, le noir, le blanc et plusieurs tonalités grises afin de mesurer les caractéristiques de base de l'écran. Le logiciel effectue automatiquement les corrections nécessaires, et produit un profil ICC qui décrit les caractéristiques de cet écran calibré.

Cette étape sera détaillée au point 5 avec un exemple concret.

4.4. Caractérisation de l'écran

En tenant compte des ajustements utilisés pour calibrer l'écran, la caractérisation consiste à décrire précisément les caractéristiques propres de l'écran calibré, comme par exemple : les valeurs chromatiques du Rouge, Vert et Bleu, le Gamma et le point blanc de référence (Gamma 2.2, 6500 K). L'opération de sauvegarder un profil ICC, définit en fait l'étape de la caractérisation, qui est donc étroitement liée à la calibration de l'écran.

4.5. Calibration de l'imprimante ou de la presse

La calibration du périphérique de sortie dépend bien sûr du type de périphérique en lui-même. Une imprimante jet d'encre n'est pas identique à une imprimante laser et encore moins à une presse offset. Il convient donc de se référer aux instructions du fabricant pour déterminer quelles sont les

procédures de calibration à prendre en compte. Ainsi pour une imprimante classique, comme une simple Deskjet, le pilote comporte une série de paramètres permettant de s'assurer d'une impression correcte de l'ensemble des nuances de couleurs (fig.4.35). Il est également important d'effectuer un entretien régulier de son imprimante et de la maintenir dans des conditions de température et d'hygrométrie stables. Un changement de type de papier et/ou d'encre peut également entraîner des différences dans l'impression du document et invalider le profil de l'imprimante.

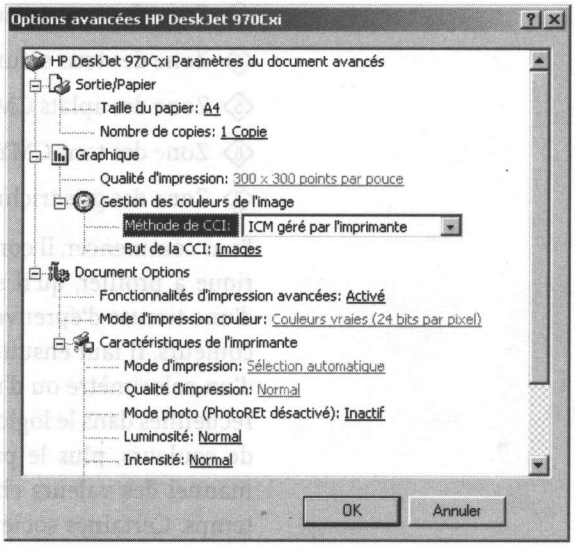


Fig.4.35

4.6. Caractérisation de l'imprimante ou de la presse

La caractérisation d'une imprimante ou d'une presse s'effectue également à l'aide d'une charte comme pour le scanner. La charte qui se présente sous la forme d'un fichier numérique aux formats TIFF, JPEG et EPS est livrée avec le logiciel de profilage et contient entre 20 et 1 400 échantillons de couleurs. Elle existe sous plusieurs formes compatibles avec les divers spectrophotomètres et les différents modes RGB (imprimantes de bureau), CMYK (systèmes professionnels) et hexachrome. Une charte classique IT8.7/3 CMYK comprend les zones suivantes (fig.4.36) :

① Zone des tons tertiaires

② Zone des tons à charge d'encre élevée pour la mesure du trapping

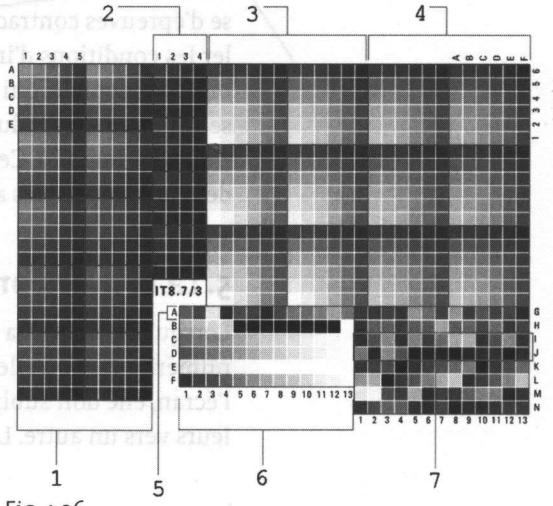


Fig.4.36

③ Zone des tons saturés sans noir

④ Zone des tons saturés avec 20% de noir

⑤ Zone des aplats CMYK pour la mesure des densités

⑥ Zone des tons CMYK pour la mesure de l'engraissement

⑦ Zone des gris trichromes pour la mesure de la balance des gris

Pour commencer, il convient d'imprimer la cible de couleur sur le périphérique à profiler, qu'il s'agisse d'une imprimante à jet d'encre de bureau, d'une tireuse d'épreuves de qualité contractuelle ou d'une presse à quatre couleurs. Il faut ensuite relever les valeurs chromatiques du tirage à l'aide d'un colorimètre ou d'un spectrophotomètre puis entrer les données ainsi recueillies dans le logiciel de profilage. Plus la cible contient d'échantillons de couleurs, plus le profil obtenu est précis, mais plus l'enregistrement manuel des valeurs chromatiques dans le logiciel de profilage prend du temps. Certaines sociétés fabriquent des lecteurs d'échantillon mécanisés pouvant accélérer le processus.

Les profils de presse personnalisés sont les profils de sortie les plus difficiles à créer. Cette opération suppose en effet de programmer un passage cible de haute qualité sur une presse ou un type de presse spécifique. Une autre possibilité, qui est celle recommandée par le GATF (Graphic Arts Technical Foundation – *http://www.gain.net*), consiste à simplement profiler la tireuse d'épreuves contractuelles, laquelle est de toute façon conçue pour simuler les conditions d'impression sur presse. Il existe encore une autre possibilité acceptable, qui est d'utiliser un profil basé sur les conditions de presse standard de l'industrie (SWOP, Eurostandard, Toyo Inks ou Dainippon Ink, par exemple). Ces profils génériques peuvent être utilisés pour générer des épreuves fiables avec gestion des couleurs.

5. La conversion des couleurs

Lorsqu'une image a été acquise avec un scanner ou un appareil photo numérique, et qu'elle est destinée à être imprimée après avoir été affichée à l'écran, elle doit subir diverses conversions pour passer d'un espace de couleurs vers un autre. La plupart des systèmes de gestion des couleurs offrent

plusieurs méthodes de conversion ou plutôt de mise en correspondance des couleurs. Le but de l'opération est d'intégrer une couleur d'un système A (par exemple : RGB) dans un système B (par exemple CMYK) où elle n'existe pas nécessairement. La conversion, qui est aussi souvent dénommée « gamut mapping », utilise un espace intermédiaire qui est généralement l'espace CIELab (voir chapitres 2 et 3) et nécessite une double opération : RGB ››› CIELab et CIELab ››› CMYK (fig. 4.37).

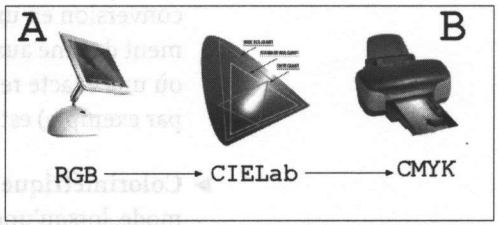


Fig.4.37

Selon la norme ICC, quatre modes de conversion (encore appelés modes de rendu) sont possibles (fig.4.38) :

- **Perception (Perceptual Intent)** : ce mode comprime la totalité de la gamme de l'espace colorimétrique d'un périphérique dans celle de l'espace colorimétrique d'un autre périphérique lorsqu'une ou plusieurs couleurs de l'image originale sont en dehors de la gamme de l'espace colorimétrique de destination. Ceci permet de préserver la relation visuelle entre les couleurs en réduisant l'espace colorimétrique et en déplaçant toutes les couleurs, y compris celles contenues dans la gamme.

  En pratique : le mode Perception permet de conserver les relations visuelles entre les couleurs, afin qu'elles soient perçues comme naturelles à l' œil nu, même si les valeurs chromatiques peuvent elles-mêmes varier. Ce mode de conversion convient en particulier pour les images photographiques et l'impression en quadrichromie CMYK.

- **Saturation (Saturation Intent)** : ce mode reproduit la saturation des couleurs de l'image originale (vivacité) lors de la conversion dans l'espace colorimétrique du périphérique de destination. Dans ce mode, la saturation relative des couleurs est maintenue de gamme en gamme.

  En pratique : le mode Saturation correspond en particulier au mode graphique d'Adobe PageMaker et d'Adobe Illustrator 8. Il privilégie l'éclat des couleurs au détriment de leur précision. Il convertit la gamme source en fonction de la gamme cible, mais il conserve la saturation relative

plutôt que la teinte. Un glissement des teintes est donc possible lors de la conversion en une gamme plus petite. Ce mode de rendu est principalement destiné aux illustrations commerciales et les graphiques d'affaires, où une exacte relation entre couleurs (dans une image photographique, par exemple) est moins importante que la saturation des couleurs.

- **Colorimétrique relatif (Media-Relative Colorimetric Intent)** : dans ce mode, lorsqu'une couleur de l'espace colorimétrique en cours est hors de la gamme dans l'espace colorimétrique de destination, elle est mappée vers la couleur la plus ressemblante dans la gamme de l'espace colorimétrique de destination alors que les couleurs comprises dans la gamme ne sont pas affectées. Seules les couleurs en dehors de la gamme de destination sont modifiées. Avec ce mode de rendu, deux couleurs s'affichant différemment dans l'espace colorimétrique source peuvent devenir identiques dans l'espace colorimétrique de destination.

  En pratique : ce mode est identique à la colorimétrie absolue à une exception près : la colorimétrie relative compare le point blanc de l'espace colorimétrique source avec celui de l'espace cible, puis décale les couleurs en conséquence. Bien que l'on adopte habituellement le mode de rendu Perception pour les images photographiques, il est parfois préférable d'opter pour une colorimétrie relative (dans Photoshop, cela s'effectue en sélectionnant l'option Avec compensation du point noir dans la boîte de dialogue Couleurs) pour préserver les relations entre les couleurs tout en conservant leur précision. La colorimétrie relative est le mode de rendu par défaut utilisé par toutes les configurations prédéfinies dans le menu Paramètres de la boîte de dialogue Couleurs de Photoshop.

- **Colorimétrique absolu (ICC-Absolute Colorimetric Intent)** : ce mode conserve les couleurs de la gamme cible intactes. Il vise à privilégier l'exactitude des couleurs au détriment des relations chromatiques. Il est ainsi possible, lors de la conversion en une gamme plus petite, de représenter deux couleurs distinctes de l'espace colorimétrique source par la même couleur de l'espace cible. La précision de la colorimétrie relative dépend de l'exactitude des informations du *point blanc* (blanc le plus pur) spécifiées par le profil colorimétrique de l'image.

En pratique : ce mode est particulièrement approprié pour le rendu des « couleurs de marque », c'est-à-dire les couleurs associées à un produit commercial tel que le jaune utilisé par Eastman Kodak ou le bleu de Hewlett-Packard.

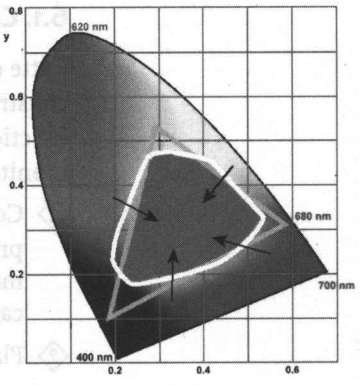


Fig.4.38

6. Le système Binuscan

Comme signalé au point 3.3, il existe une multitude de solutions pour calibrer et caractériser les différents périphériques de la chaîne graphique. Parmi ceux-ci, le Colorcase de Binuscan (fig.4.39) est une solution complète de la gestion de la couleur qui permet de calibrer, mesurer, créer des profils couleurs ICC, retoucher et appliquer automatiquement les profils réalisés, etc. Le Colorcase regroupe, dans une mallette en aluminium, les composants suivants :

- Un spectrophotomètre, en émission et en réflexion, développé pour Binuscan par Gretag-Macbeth.
- Les chartes de calibration binuscan (transparent et opaque).
- Le logiciel PhotoRetouch Pro, utilisé pour la création des profils scanners, écrans et imprimantes. Il s'agit également d'un logiciel de retouche chromatique qui travaille en modes RGB, XYZ et CMYK et permet la prévisualisation de la sortie imprimée grâce à l'utilisation des profils ICC.
- IPM Workflow Server : un système client/serveur pour automatiser les tâches telles que redimensionner, recadrer, rééchantillonner les images et effectuer des conversions de format, d'espace couleur...

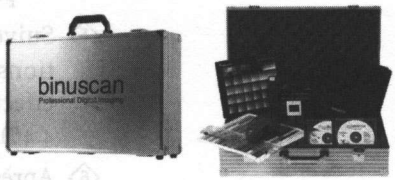


Fig.4.39

Binuscan est un système performant et simple d'utilisation qui ne demande pas plus d'une heure pour calibrer et caractériser l'ensemble d'une chaîne graphique.

6.1. Calibration et caractérisation du moniteur

Cette étape s'effectue à l'aide du « spectrophotomètre binuscan » qui a été construit par Gretag-Macbeth sur la base des spécifications de Binuscan. Il fonctionne en conjonction avec PhotoRetouch Pro, pour créer des profils de moniteur et imprimante. La procédure est la suivante :

① Connectez le « Binuscan Spectrophotometer » à votre ordinateur, de préférence sur un port USB libre, ou sur un concentrateur USB à alimentation séparée. Evitez de connecter l'appareil sur la prise clavier, car il n'aurait pas assez d'énergie pour fonctionner.

② Placez le « Binuscan Spectrophotometer » sur sa base. Celle-ci doit être posée sur une surface plane. Assurez-vous que l'appareil et sa base sont bien en contact.

③ Ouvrez le dossier « Calibration moniteur » et double-cliquez sur l'application « Eye-One Match » .

④ Vous devez maintenant placer le spectrophotomètre à l'emplacement indiqué sur votre moniteur :

- □ soit à l'aide du support à ventouse, pour un écran cathodique (fig.4.40).
- □ soit à l'aide du support à contrepoids, pour un écran plat (fig.4.41).

⑤ Suivez les différentes instructions affichées à l'écran pour effectuer la calibration (fig.4.42 à 4.46).

⑥ Après comparaison du fichier de mesure avec le fichier de référence, sauvegardez le profil sous un nom (fig.4.47).

Fig.4.40

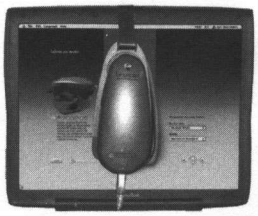


Fig.4.41

Fig.4.42

Fig.4.43

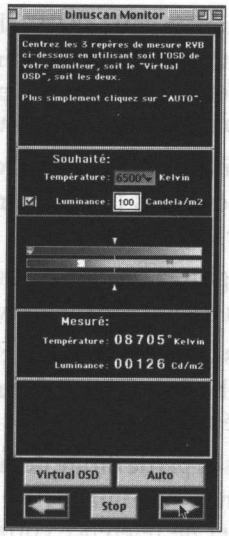


Fig.4.44

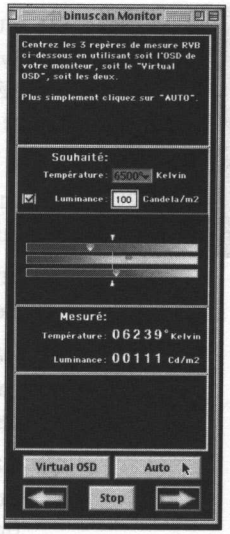


Fig.4.45

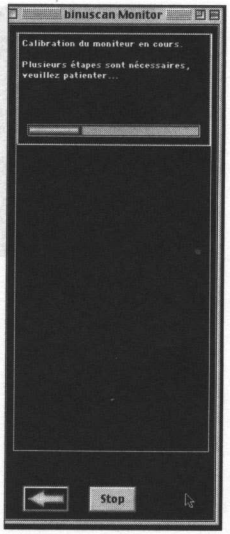


Fig.4.46

6.2. Caractérisation du scanner

Pour caractériser un scanner on utilise une image de référence, ou image-cible, qui peut être une gamme de calibration de type binuscan, charte IT8..., ou une image générique, à condition qu'elle soit suffisamment colorée. Les chartes sont livrées avec le Colorcase pour les scanners à plat, de film, etc. La procédure est la suivante avec une charte PhotoRetouch Pro :

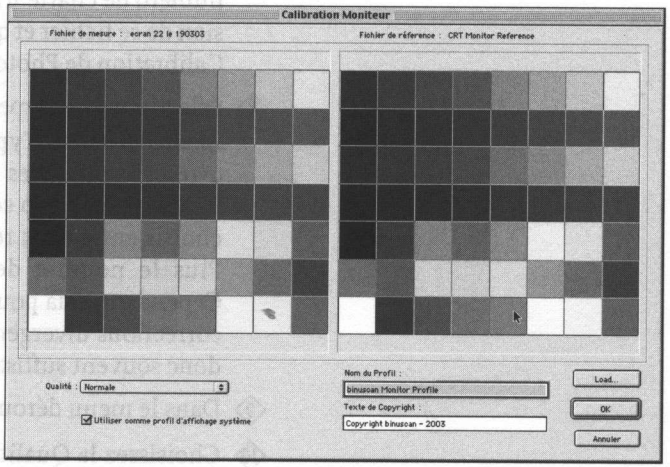


Fig.4.47

① Allumez votre scanner, et laissez-le chauffer un bon quart d'heure.

② Assurez-vous d'avoir le fichier de référence correspondant à la charte PhotoRetouch Pro (en vérifiant le numéro de la charte en concordance avec le numéro du fichier). Si vous ne possédez pas ce fichier, vous pouvez le télécharger à l'adresse : *http://www.binuscan.com/targets/PhotoRetouchPro.*

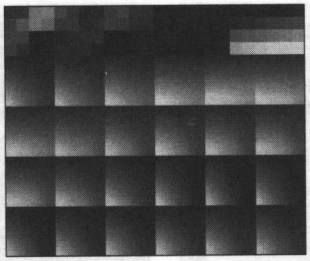


Fig.4.48

③ Numérisez votre charte PhotoRetouch Pro (fig.4.48) en brut (c'est-à-dire avec tous les réglages à zéro, et sans aucun profil) sur le scanner concerné. Vous devez régler les paramètres de taille et de résolution de manière à obtenir une image brute en 8 bits et d'un poids de 2 à 4 Mo environ.

④ A l'aide du **SuperCrop**, recadrez correctement l'image de votre charte sur les bords (en utilisant les fonctions Quad. to Rect. et Ajuster la taille).

⑤ Enregistrez cette image au format TIFF RVB sous le nom « Scan_Brut ». Ne la fermez pas car elle va nous servir un peu plus tard.

⑥ Dans le menu **Couleur**, choisissez **Créer un profil ICC**. Dans la partie gauche de la fenêtre de prévisualisation, vous pouvez voir votre image de départ.

⑦ Dans la partie droite de la fenêtre de prévisualisation, vous devez sélectionner votre image-cible dans le menu **Cible**. Pour cela, sélectionnez le fichier de référence correspondant à votre charte en fonction de son numéro (par exemple « NYA03 ») dans le menu déroulant. Si votre numéro de charte n'apparaît pas, vérifiez que vous êtes bien en possession de ce fichier et qu'il est bien placé dans le dossier Targets du dossier Calibration de PhotoRetouch Pro. L'image apparaît au-dessus.

⑧ Sélectionnez le type de votre image-cible. Pour cela choisissez dans le menu déroulant **Type** entre « binuscan 0-360 480 patches », « binuscan 0-360 1632 patches » et « binuscan 0-360 6240 patches ». Les chartes PhotoRetouch Pro sont multirésolutions, c'est-à-dire que vous pouvez choisir entre trois résolutions différentes suivant la précision désirée. Plus le nombre de patches est élevé, plus le profil sera précis. Cependant, cela pourra entraîner des cassures dans le profil dues à des corrections divergentes trop fortes. Une précision de 1632 patches est donc souvent suffisante.

⑨ Dans le menu déroulant **Profil**, choisissez le type de profil « Scanner ».

⑩ Choisissez la Qualité : Elevée, Normale, ou Basse. Cette valeur dépend du type de profil que vous allez créer. Pour un profil Scanner, la qualité Normale (32 x 32 x 32) suffit pour les corrections légères. Si votre profil apporte une correction plus importante (pour compenser une forte déviation du scanner, par exemple), la qualité Elevée (64 x 64 x 64) est recommandée.

⑪ Donnez un nom à votre profil : il s'agira à la fois du nom interne et du nom du fichier. Si vous renommez ultérieurement le profil, son nom interne ne changera pas.

⑫ Enfin, cliquez sur OK pour créer le profil. Après quelques instants, le profil est sauvegardé dans le dossier « Profil ColorSync » de votre « Dossier Système ».

Pour appliquer ce profil, vous pouvez le placer dans le pilote de votre scanner (si celui-ci le permet) ou bien l'appliquer à l'aide de l'outil **Appliquer un Profil ICC**. Toutes les images à numériser par la suite doivent suivre les conditions dans lesquelles la charte PhotoRetouch Pro a été numérisée pour la création du profil. Elles doivent donc être numérisées en brut de scan.

6.3. Calibration et caractérisation de l'imprimante

La calibration des imprimantes peut être réalisée en utilisant différents outils (scanner, densitomètre, spectrophotomètre). C'est une question de besoin et de qualité mais aussi souvent de budget. La seule façon de garantir un résultat à la hauteur de l'attente des professionnels, c'est l'utilisation d'un spectrophotomètre. La calibration des imprimantes avec PhotoRetouch Pro utilisera donc systématiquement un spectrophotomètre.

Les précautions préliminaires

Avant d'envisager une quelconque caractérisation de son imprimante, et ce quel que soit le système utilisé, il convient de vérifier un certain nombre de points essentiels :

- L'imprimante doit présenter une très bonne répétabilité. En effet, certaines imprimantes varient au fur et à mesure des impressions (notamment pour les imprimantes sur papier photographique, par usure des bains). D'autres encore varient simplement dans le temps. Cette variabilité ne rend pas possible la calibration car le profil n'est alors valable qu'à l'instant de la calibration, et plus après.

  Pour vérifier la variabilité de votre imprimante, sélectionnez une image à la fois très colorée mais présentant aussi de grands à-plats de gris et conservez-la avec précaution. Pendant une longue période, et régulière-

ment au cours de votre production, imprimez cette image toujours avec les mêmes paramètres en prenant soin de noter la date et l'heure à chaque fois, et de la conserver soigneusement. Après quelques jours vous pourrez déjà comparer les différentes impressions et vérifier la répétabilité de votre imprimante. Si aucune variation n'est observable, alors vous pouvez calibrer votre imprimante et vous serez assuré d'un résultat propre et constant. Si vous n'observez qu'une très faible variation plus ou moins aléatoire, votre imprimante reste calibrable, mais les résultats obtenus resteront approximatifs.

- L'impression doit être de grande qualité. En effet, si votre imprimante présente des défauts d'impression (bandes verticales ou horizontales, zones plus claires, trame grossière, points qui bavent, etc.) alors les mesures seront fausses et la calibration sera tout simplement impossible.
- Tout système d'automatisme doit être désactivé. En effet, certaines imprimantes intègrent des systèmes de correction qui varient d'une image à l'autre en fonction d'un certain nombre de paramètres ou d'un type de rendu désiré. La calibration permet justement de corriger le rendu de l'imprimante. Celle-ci ne doit donc pas modifier les impressions en fonction des images.
- Tout changement de cartouche d'encre (pour les imprimantes jet d'encre), de bain de développement (pour celles sur papier photo), de modification de type de papier, et même tout autre changement susceptible de modifier l'impression annule la validité du profil réalisé. En effet, si les caractéristiques de l'imprimante varient, alors le profil doit varier aussi. Cependant, on peut observer deux exceptions à ce dernier point. Certaines imprimantes particulières sont conçues pour justement garantir une répétabilité de l'impression même en cas de changement des encres. Dans ce cas, on vérifiera tout de même que le numéro de lot des cartouches d'encre utilisées est identique entre les anciennes et les nouvelles. D'autres possèdent un système de linéarisation qui stabilise le rendu de base de l'imprimante, même après un changement d'encre.

La détermination du type d'imprimante RVB ou CMJN

Une imprimante fonctionne en général en déposant des encres de couleur Cyan, Magenta, Jaune et Noir à la surface du papier. D'autres systèmes encore insolent un papier sensible contenant des colorants Cyan, Magenta et Jaune. Cependant, les données utilisées par le moteur (logiciel interne ou externe) ou le Rip de l'imprimante ne sont pas toujours de type CMJN, elles peuvent aussi être de type RVB. Le nombre de cartouches d'encre n'est pas une indication. Le problème qui se pose donc lors de la calibration est que l'on cherche à connaître ce qui s'imprime par rapport à l'information que l'on a envoyée à l'imprimante. En soi, le fait que l'imprimante fonctionne dans un mode ou dans un autre ne pose pas de problème, si ce n'est que l'on ne peut souvent charger dans le pilote de l'imprimante que le type de profil (RVB ou CMJN) qui correspond au type de l'imprimante. Ainsi, si vous créez un profil RVB pour une imprimante CMJN, vous ne pouvez certainement pas l'utiliser dans le pilote et il vous faudra recommencer.

Pour connaître le type de votre imprimante, voici un test très simple. Ouvrez une image dans votre logiciel de mise en page, puis sélectionnez Imprimer pour obtenir le pilote de votre imprimante. Dans les différentes options, sélectionnez celles relatives à ColorSync. Dans le choix des différents profils sélectionnables, si des profils RVB apparaissent, alors votre imprimante est de type RVB, et si des profils CMJN apparaissent, alors elle est de type CMJN.

La création d'un profil ICC pour imprimante RVB ou CMJN ou Presse Offset

Peu importe le type de votre imprimante, la méthode de calibration reste la même. Seule change la charte imprimée puis mesurée pour caractériser votre périphérique, suivant que votre imprimante est de type RVB ou CMJN. Pour les Presses Offset, les chartes seront CMJN, bien sûr. Pour une imprimante Epson, il s'agit en général du type RVB. Les étapes sont les suivantes :

① Ouverture d'une charte à imprimer

a. Dans le logiciel de votre choix (logiciel de mise en page ou de retouche d'image comme PhotoRetouch Pro), ouvrez l'une des

chartes de référence qui se trouvent dans le dossier « Sources » du dossier « Calibration » de votre dossier PhotoRetouch Pro.

b. Choisissez un type de charte correspondant à votre type d'imprimante (par exemple : « RGB_Printer_Reference.tif » pour une imprimante RVB ou « CMYK_Printer_Reference.tif » pour une imprimante CMJN ou une Presse Offset). Pour les logiciels de mise en page, il peut être nécessaire de créer un nouveau document contenant un bloc dans lequel l'image doit être affichée à l'échelle 100% (fig.4.49).

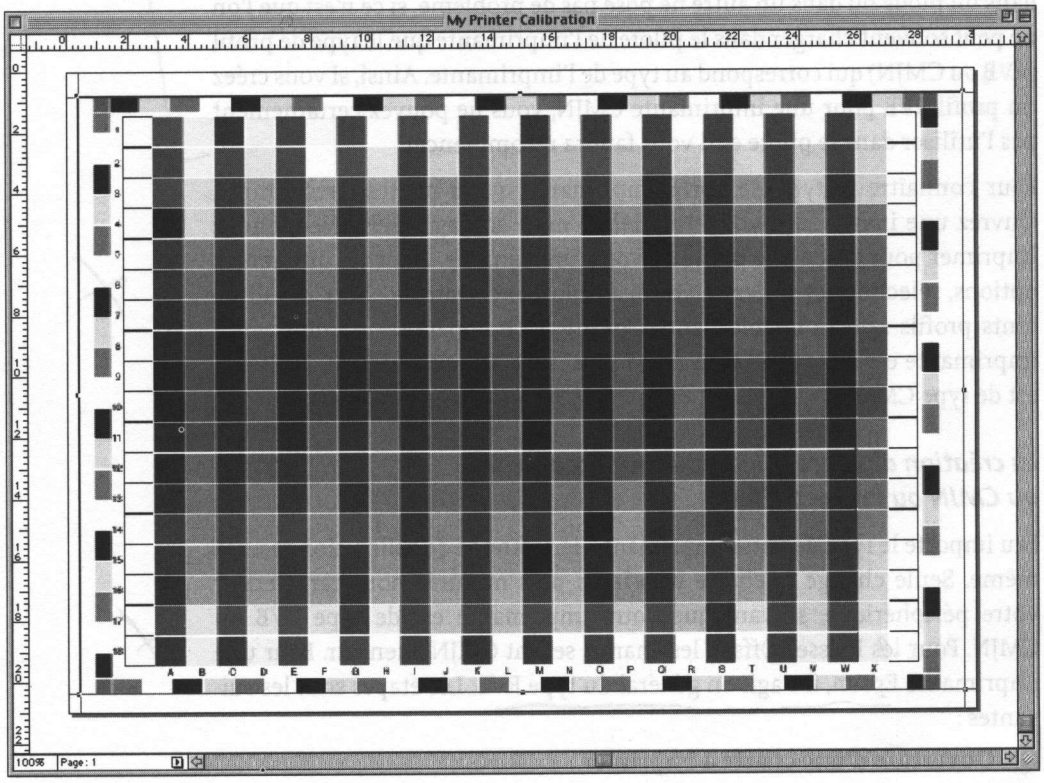


Fig.4.49

② Impression de la charte

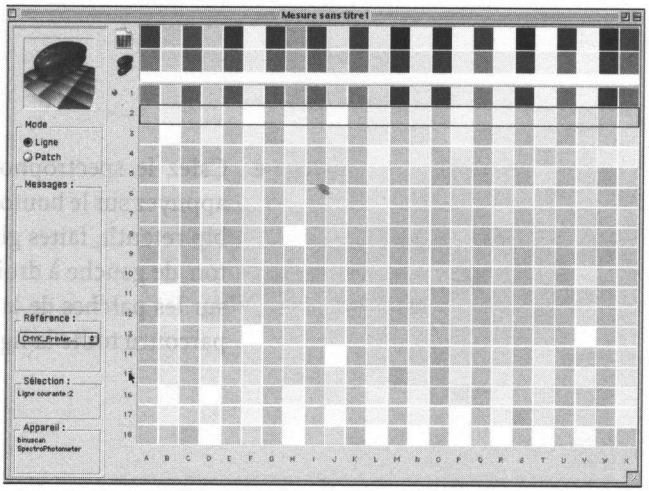
a. Imprimez cette charte sur le périphérique à calibrer, en désactivant tous les automatismes et toute gestion de la couleur (y compris ColorSync) dans le logiciel utilisé ou dans le pilote de l'imprimante. Une fois imprimée, laissez sécher cette charte quelques instants en prenant garde de ne pas la maculer.

b. Sur les Presses Offset, flashez les films sans gestion des couleurs et imprimez cette charte sur la Presse à caractériser. Une fois imprimée, respectez le temps de séchage nécessaire (cela dépend de votre Presse) afin d'éviter le maculage. Vous pouvez changer l'orientation de la charte (verticale ou horizontale) pour des raisons pratiques (taille maximale d'impression par exemple).

③ Mesure de la charte

a. Connectez le « Binuscan Spectrophotometer » à votre ordinateur, de préférence sur un port USB libre, ou sur un concentrateur USB à alimentation séparée. Evitez de connecter l'appareil sur la prise clavier, car il n'aurait pas assez d'énergie pour fonctionner. Placez le binuscan spectrophotometer sur sa base. Celle-ci doit être posée sur une surface plane. Assurez-vous que l'appareil et sa base sont bien en contact. Double-cliquez sur l'application « Binuscan Spectrophotometer ». La fenêtre d'initialisation apparaît. Avant toute utilisation, il est nécessaire de calibrer votre spectrophotomètre sur sa base, qui comporte un emplacement de mesure du blanc de référence. Positionnez le spectrophotomètre sur sa base, pour qu'il soit bien stable. Ceci est très important

Fig.4.50



pour garantir la qualité des mesures que vous allez réaliser. Puis pressez le bouton latéral du spectrophotomètre, et relâchez immédiatement l'appareil. La calibration peut prendre quelques secondes. Lorsque l'appareil est calibré, la fenêtre de mesure apparaît (fig.4.50).

b. Avant de passer à l'utilisation du spectrophotomètre, vous devez indiquer au logiciel le type de charte que vous allez mesurer dans le menu local Référence sur la droite de la fenêtre de mesure. Sélectionnez le fichier de description correspondant à la charte de référence que vous avez imprimée (par exemple RGB_Printer_Descriptor.txt si vous avez imprimé la charte RGB_Printer_Reference.tif).

c. Votre fichier de référence imprimé doit être prêt à être mesuré : l'encre doit être sèche. Placez la feuille bien à plat sur une surface plane et neutre.

d. Placez la réglette d'analyse sur la première ligne de la charte imprimée. L'emplacement de mesure doit être aligné sur les bords noirs de la charte (fig. 4.51).

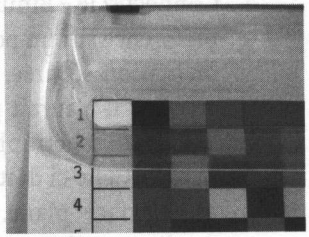


Fig.4.51

e. Calez le spectrophotomètre en haut de la fenêtre de mesure et appuyez sur le bouton de l'appareil, sans lâcher (fig. 4.52). Dès qu'un bip retentit, faites glisser doucement l'appareil, sans lâcher le bouton, de gauche à droite et tout le long de l'emplacement de mesure, sur les patches de la charte imprimée (fig.4.53). Lorsque vous avez parcouru toute la ligne, relâchez le bouton (fig.4.54).

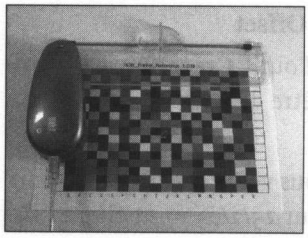


Fig.4.52

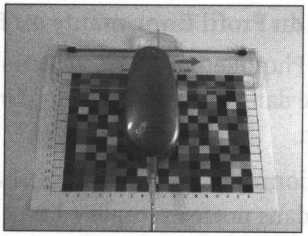


Fig.4.53

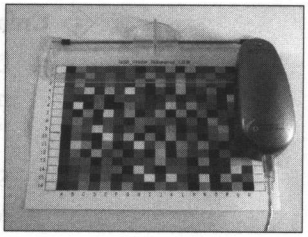


Fig.4.54

f. La ligne que vous venez de mesurer est affichée à l'écran, et l'application passe à la ligne suivante. Mesurez de la même façon toutes les lignes de la charte imprimée (fig.4.55).

g. Lorsque vous avez terminé votre mesure, sélectionnez, dans le menu Fichier, Enregistrez fichier de mesure. Donnez-lui un nom indiquant le modèle de l'imprimante, son type (RVB ou CMJN) et la date (par exemple « Laser Couleur 25/2/03 »).

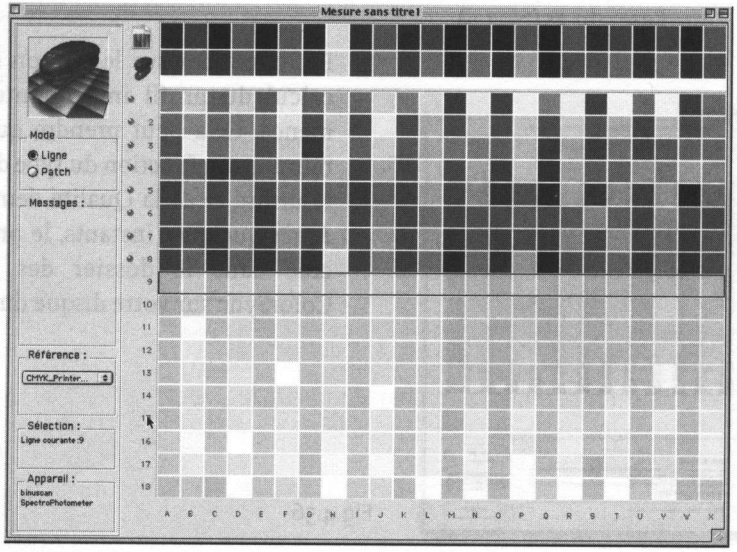


Fig.4.55

④ Création du Profil Imprimante ou Presse Offset

a. Dans PhotoRetouch Pro, sélectionnez l'outil **Créer Profil Imprimante** dans le menu **Couleur**. Une fenêtre de navigation s'ouvre à l'écran.

b. Sélectionnez le fichier de mesure que vous venez d'enregistrer (toujours dans notre exemple « Laser Couleur 25/2/03 »), et cliquez sur le bouton OK. La fenêtre de création des profils pour imprimante et Presse Offset apparaît alors, avec en prévisualisation à droite le fichier de description que vous avez utilisé dans le logiciel du spectrophotomètre (fichier de référence), et à gauche le fichier de mesure (fig.4.56).

c. Choisissez la Qualité que vous souhaitez pour votre profil imprimante. Pour les imprimantes de bonne qualité, utilisez une qualité Elevée, sinon choisissez une qualité Normale qui gommera plus les défauts. Pour les Presses Offset, choisissez toujours une qualité Elevée.

d. Nommez votre profil avec un nom explicite (par exemple « Profil Laser du 25/2/03 »).

e. Enfin, cliquez sur le bouton OK. Le calcul du profil imprimante commence. Cela peut prendre quelques minutes, en fonction du type de charte utilisé et de la Qualité demandée. Après quelques instants, le profil est créé dans le dossier des profils ColorSync sur votre disque dur.

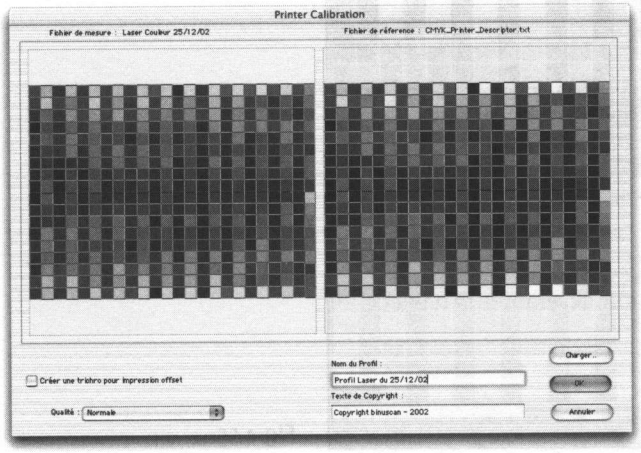


Fig.4.56

⑤ Utilisation d'un profil Imprimante ou Presse Offset

Une fois votre profil créé, vous disposez de deux voies principales pour l'utilisation de votre profil Imprimante ou Presse Offset.

Application directe

a. Ouvrez votre image dans PhotoRetouch Pro.

b. Sélectionnez **Conversion vers Profil** dans le menu **Couleur**. Une fenêtre s'ouvre à l'écran.

c. Sélectionnez votre profil **Imprimante** ou **Presse Offset** ainsi que le type de rendu (par défaut, utilisez Colorimétrie Relative).

d. L'option Conserver le Gamut vous permet d'adapter le rendu en fonction des possibilités du périphérique, afin de ne pas avoir de couleur hors Gamut que le périphérique ne peut pas reproduire. Cette option est très utile pour conserver le modelé dans les à-plats de couleur, mais peut modifier fortement la dynamique de l'image et sa luminosité. Elle sera donc adaptée pour optimiser le rendu de l'impression, mais sera à proscrire lorsque vous souhaitez reproduire précisément un type de sortie ou homogénéiser plusieurs imprimantes ou Presses Offset entre elles.

e. Cliquez sur OK, l'image est modifiée, elle n'est alors plus prévue pour être observée sur l'écran, mais simplement pour être imprimée. Son allure peut donc être « spéciale » et ne correspond en rien à ce que vous obtiendrez sur votre imprimante.

f. Imprimez votre image en désactivant tous les automatismes et toute gestion de la couleur (y compris ColorSync) dans le pilote de l'imprimante. Si vous enregistrez votre image et que vous l'imprimez avec un autre logiciel que PhotoRetouch Pro, vous devrez alors prendre garde à désactiver toute gestion des couleurs dans ce logiciel. Il s'agit en fait de respecter les mêmes conditions d'impression que celles qui ont été utilisées lors de l'impression de la charte au moment de la réalisation du profil.

Application dans le pilote d'impression

a. Ouvrez votre image dans le logiciel de votre choix.

b. Imprimez cette image en activant la gestion des couleurs par ColorSync dans le pilote d'impression. Attention de bien vérifier qu'aucun autre automatisme ne vient modifier l'image.

7. L'épreuve numérique

La réalisation d'une épreuve avant l'impression finale a toujours été une étape importante dans la chaîne de production d'un document imprimé. C'est en effet le seul moyen d'éviter des catastrophes de fin de parcourts et les conséquences financières qui en découlent. Traditionnellement la production d'une épreuve couleur passait obligatoirement par la réalisation d'un « Cromalin » (analogique ou numérique) et le passage chez le photograveur. L'arrivée de la PAO et des systèmes de gestion de la couleur a bouleversé ce processus en permettant à tout moment de prévisualiser sur l'écran (soft proofing) ou sur une imprimante classique à jet d'encre ou laser (proofing) le résultat de l'impression offset.

Ces deux nouvelles techniques reposent en premier lieu sur un calibrage parfait de la chaîne graphique et l'obligation d'avoir à sa disposition les bons profils ICC. Dans le cas d'une simulation de rendu de type Cromalin, Matchprint, Offset ou autre, il conviendra d'obtenir le profil adéquat auprès du photograveur ou de l'imprimeur et de le placer dans le dossier approprié de ColorSync. Il reste ensuite à mettre en relation ce profil avec celui de l'imprimante (proofing) ou de l'écran (soft proofing) via le logiciel de retouche comme PhotoShop (Adobe) ou PhotoRetouch Pro (Binuscan) par exemple.

Dans le cas de PhotoShop 7, la procédure pour simuler un rendu Cromalin à l'écran est la suivante :

① Dans le menu **Affichage**, sélectionner **Format d'épreuve** puis le sous-menu **Personnaliser**.

② Dans la boîte de dialogue **Format d'épreuve**, sélectionner le profil du Cromalin adéquat et cliquer sur **OK** (fig.4.57).

③ Dans le menu **Affichage**, cocher l'option **Couleur Epreuve** pour simuler à l'écran le rendu Cromalin (fig.4.58).

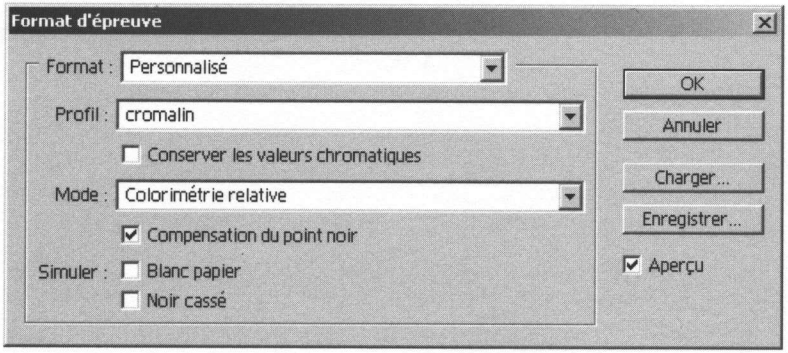


Fig.4.57

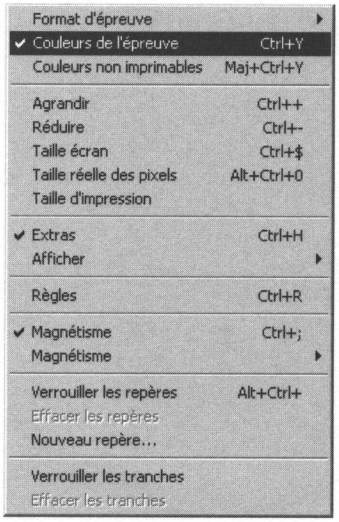


Fig.4.58

La réalisation des épreuves peut également s'effectuer à l'aide des logiciels de gestion de la couleur abordés au point 3.3 ou de logiciels d'épreuvage spécifiques. Ces derniers se substituent aux pilotes des imprimantes et font office de RIP PostScript. Cela permet de transformer une simple imprimante en un système performant de réalisation d'épreuves. Parmi les produits disponibles on peut citer, en particulier, Power Rip de iProof Systems (*www.dsp-fr.com* et *www.iproofsystems.com*) qui prend en charge n'importe quelle imprimante de HP, Epson ou Canon, Designet Edition de BestColor (*www.bestcolor.com*) qui est particulièrement conçu pour les studios de création et X-Dot Proof de MC2i qui constitue la solution haut de gamme (*www.mc2i-sa.com*).

Chapitre 5

La gestion et le traitement de la couleur avec Photoshop

1. L'utilisation de la couleur avec Photoshop

Adobe Photoshop est le logiciel de référence professionnelle en matière de traitement d'images. Il permet la retouche d'images à l'aide de ses nombreux outils de sélection, de dessin, et de tracés vectoriels. Il met également à la disposition des graphistes ses puissantes techniques de réglage des images, de gestion des couleurs, de numérisation et d'impression, sans parler des possibilités créatives infinies introduites par les effets et les filtres.

Indépendamment du problème de l'harmonisation des couleurs tout au long du traitement de l'image, Photoshop utilise une série de concepts qu'il est bon d'aborder ou de rappeler avant tout. Il s'agit des modes de couleur et des modèles colorimétriques, de la conversion entre les modes de couleur, de la gamme des couleurs et des couches de couleur.

1.1. Modes de couleur et modèles colorimétriques

Photoshop fonctionne avec des modes de couleur basés sur des modèles colorimétriques pour l'affichage et l'impression des images. Les modes de couleur reposent sur des modèles établis permettant de décrire et de reproduire la couleur. Les modèles TSL (teinte, saturation, luminosité), RVB (rouge, vert, bleu), CMJN (cyan, magenta, jaune, noir) et CIE L*a*b sont les plus répandus. Photoshop prend également en charge les modes Couleurs indexées et Bichromie, réservés aux productions couleur spécialisées. En plus de déterminer le nombre de couleurs pouvant être affichées dans une image, les modes de couleur influent sur le nombre de couches et sur la taille de fichier d'une image.

► **Le mode RVB (RGB)**

Le mode RVB de Photoshop utilise le modèle RVB, attribuant une valeur d'intensité à chacun des pixels allant de 0 (noir) à 255 (blanc) pour chacune des composantes RVB d'une image en couleurs. Par exemple, un

rouge vif aura une valeur R de 246, une valeur V de 20 et une valeur B de 50. Lorsque toutes les composantes ont une valeur égale, on obtient une nuance de gris neutre ; lorsqu'elles ont chacune une valeur de 255, on obtient un blanc pur. Une valeur 0 pour chacune produit du noir.

Les images RVB utilisent trois couleurs ou couches, pour reproduire jusqu'à 16,7 millions de couleurs à l'écran ; les trois couches sont converties en 24 (8 x 3) bits d'informations de couleur par pixel. Les images de 16 bits par couche sont, quant à elles, converties en 48 bits par pixel, avec la possibilité de reproduire beaucoup plus de couleurs. Le modèle RVB n'est pas simplement le mode par défaut des nouvelles images Photoshop. Il est utilisé par les moniteurs des ordinateurs pour afficher les couleurs. Cela signifie que, lorsqu'on travaille dans des modes de couleur autres que RVB, comme CMJN, Photoshop utilise temporairement le mode RVB pour l'affichage à l'écran.

Bien que RVB soit un modèle colorimétrique standard, la gamme des couleurs exacte représentée peut varier, selon l'application ou le périphérique d'affichage. Le mode RVB de Photoshop varie suivant la configuration de l'espace de travail spécifiée dans la boîte de dialogue Couleurs.

▶ Le mode CMJN (CMYK)

Le mode CMJN de Photoshop attribue à chaque pixel un pourcentage pour chacune des encres quadri. Aux couleurs les plus claires (tons clairs) sont attribués de faibles pourcentages de couleurs d'encre quadri, aux couleurs les plus foncées (tons foncés) de plus forts pourcentages. Par exemple, un rouge vif peut être obtenu avec 2 % de cyan, 93 % de magenta, 90 % de jaune et 0 % de noir. Dans les images CMJN, le blanc pur est produit lorsque la valeur des quatre composantes est 0 %.

Il convient d'utiliser le mode CMJN lorsque l'on prépare une image pour l'impression en quadrichromie. La conversion d'une image RVB en CMJN crée une *séparation des couleurs*. Si l'image de départ est en mode RVB, il vaut mieux la retoucher d'abord, puis la convertir en CMJN. En mode RVB, on peut utiliser les commandes **Format d'épreuve** pour simuler les effets d'une conversion CMJN, sans modifier les données

image réelles. Il est possible également d'utiliser le mode CMJN pour travailler directement avec des images CMJN numérisées ou importées de systèmes haut de gamme.

Bien que CMJN soit un modèle colorimétrique standard, la gamme des couleurs exacte représentée peut varier selon la presse et les conditions d'impression. Le mode CMJN de Photoshop varie suivant la configuration de l'espace de travail spécifiée dans la boîte de dialogue Couleurs.

- **Le mode Lab**

Dans Photoshop, c'est le modèle L*a*b qui est utilisé plutôt que le mode de travail Lab. Le modèle colorimétrique L*a*b repose sur le modèle proposé par la Commission Internationale d'Eclairage (CIE) en 1931 comme norme internationale pour la colorimétrie. En 1976, ce modèle a été affiné et renommé CIE L*a*b. La couleur L*a*b est conçue pour être *indépendante du périphérique*, créant une couleur homogène sans tenir compte du périphérique (moniteur, imprimante, ordinateur ou scanner, par exemple) de création ou d'affichage de l'image. La couleur Lab est le modèle colorimétrique intermédiaire utilisé par Photoshop pendant la conversion d'un mode de couleur vers un autre.

Le mode Lab est surtout utilisé pour travailler avec des images Photo CD, modifier indépendamment la luminance et les valeurs chromatiques dans une image, transférer des images d'un système à l'autre et imprimer sur des imprimantes PostScript® Niveau 2 et Niveau 3. Pour imprimer des images Lab vers d'autres périphériques PostScript, il convient de les convertir au préalable en mode CMJN.

- **Le mode Bitmap**

Le mode bitmap utilise une des deux valeurs chromatiques (noir ou blanc) pour représenter les pixels dans une image. Les images en mode Bitmap sont appelées images 1 bit en mode point, car leur nombre de bits par pixel est de 1.

▶ **Le mode Niveaux de gris**

Ce mode utilise jusqu'à 256 niveaux de gris. La valeur de luminosité de chaque pixel d'une image en niveaux de gris est comprise entre 0 (noir) et 255 (blanc). Les valeurs de niveaux de gris peuvent également être mesurées en pourcentage de la couverture d'encre noire (0 % est égal au blanc, 100 % au noir). Les images numérisées en noir et blanc ou en niveaux de gris sont généralement affichées dans ce mode.

Bien que Niveaux de gris soit un modèle de couleur standard, la gamme des gris exacte représentée peut varier selon les conditions d'impression. Le mode Niveaux de gris de Photoshop utilise la gamme définie par la configuration de l'espace de travail, spécifiée dans la boîte de dialogue Couleurs.

▶ **Le mode Bichromie**

Ce mode crée des images en niveaux de gris bichromes (à deux couleurs), trichromes (à trois couleurs) et quadrichomes (à quatre couleurs) en utilisant de deux à quatre encres personnalisées.

▶ **Le mode Couleurs indexées**

Ce mode utilise 256 couleurs au maximum. Lors de la conversion en couleurs indexées, Photoshop construit une table des couleurs qui mémorise et indexe les couleurs dans l'image. Si une couleur de l'image originale n'apparaît pas dans la table, le programme choisit celle qui en est la plus proche ou simule la couleur en utilisant les couleurs disponibles.

En limitant la palette de couleurs, les couleurs indexées peuvent réduire la taille du fichier tout en conservant la qualité visuelle (pour une page Web, par exemple). Dans ce mode, les possibilités de modifications sont limitées.

▶ **Le mode Multicouche**

Ce mode utilise 256 niveaux de gris par couche. Les images multicouches sont utiles pour l'impression spécialisée.

1.2. La conversion entre modes de couleur

Lorsque l'on choisit un mode de couleur différent pour une image, on change définitivement les valeurs chromatiques de celle-ci. Par exemple, lorsque l'on convertit une image RVB en mode CMJN, les valeurs chromatiques RVB en dehors de la gamme CMJN (définie par la configuration de l'espace de travail CMJN dans la boîte de dialogue Couleurs) sont réglées pour rentrer dans la gamme. Par conséquent, avant de convertir des images, il est conseillé de procéder comme suit :

- Effectuer autant de modifications que possible dans le mode original de l'image (habituellement RVB pour la plupart des scanners ou CMJN pour les scanners à tambour traditionnels et les images importées depuis un système Scitex).
- Enregistrer une copie de sauvegarde avant de convertir une image. S'assurer d'enregistrer une copie de l'image comprenant tous les calques de manière à modifier la version originale de l'image après la conversion.
- Aplatir le fichier avant de le convertir. L'interaction des couleurs entre les modes de fusion de calque se modifiera quand le mode changera.

Pour convertir une image en un autre mode :

Choisir **Image** > **Mode**, suivi du mode à utiliser dans le sous-menu. Les modes non disponibles pour l'image active apparaissent grisés dans le menu.

Les images sont aplaties lorsqu'elles sont converties en mode Multicouche, Bitmap ou Couleurs indexées, car ces modes ne reconnaissent pas les calques.

1.3. La gamme des couleurs dans Photoshop

La gamme d'un système de couleur représente l'éventail des couleurs qu'il peut afficher ou imprimer. Le spectre des couleurs perceptibles par l' œil humain est plus étendu que la gamme disponible dans n'importe quel modèle de couleur. Parmi les modèles utilisés dans Photoshop, L*a*b possède la gamme la plus large, englobant toutes les couleurs des gammes RVB

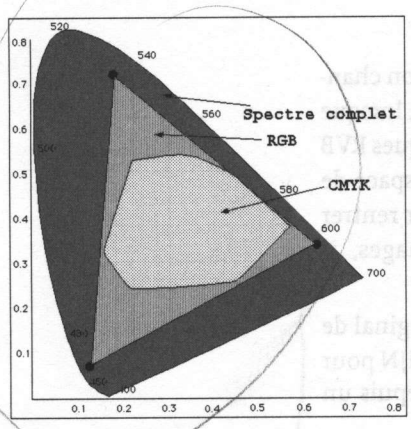


Fig.5.1

et CMJN (fig.5.1). Habituellement, la gamme RVB contient le sous-ensemble de couleurs affichables sur un moniteur ou un téléviseur (qui émet de la lumière rouge, verte et bleue). Par conséquent, certaines couleurs, comme le cyan pur ou le jaune pur, ne peuvent pas être affichées de façon précise sur un moniteur. Le modèle CMJN, qui se compose de pigments imprimables à l'aide d'encres primaires, présente une gamme de couleur plus étroite. Lorsque les couleurs ne pouvant être reproduites à l'impression sont affichées, on dit qu'elles sont non imprimables, ce qui signifie qu'elles n'appartiennent pas à la gamme CMJN.

Photoshop place automatiquement toutes les couleurs dans la gamme imprimable lorsque l'on convertit une image en mode CMJN. Toutefois, on peut décider d'identifier les couleurs non imprimables d'une image ou de les corriger manuellement avant de les convertir en CMJN.

En mode RVB, il est possible d'identifier les couleurs non imprimables, des façons suivantes :

- Dans la palette Infos, un point d'exclamation s'affiche en regard des valeurs CMJN dès que l'on place le pointeur sur une couleur non imprimable.
- Un triangle d'alerte s'affiche dans le sélecteur de couleur et la palette Couleur, et l'équivalent CMJN le plus proche s'affiche dès que l'on sélectionne une couleur non imprimable. Pour sélectionner l'équivalent CMJN, il faut cliquer sur le triangle ou la case de couleur.

Pour activer ou désactiver la mise en surbrillance des couleurs non imprimables :

① Choisir **Affichage** > **Format d'épreuve**, puis le profil d'épreuve en fonction duquel agira la commande Couleurs non imprimables (voir Epreuvage à l'écran).

② Choisir **Affichage** > **Couleurs non imprimables**. Tous les pixels hors de la gamme imprimable de l'espace du profil d'épreuve actif sont mis en surbrillance ou dans la couleur définie (fig.5.2).

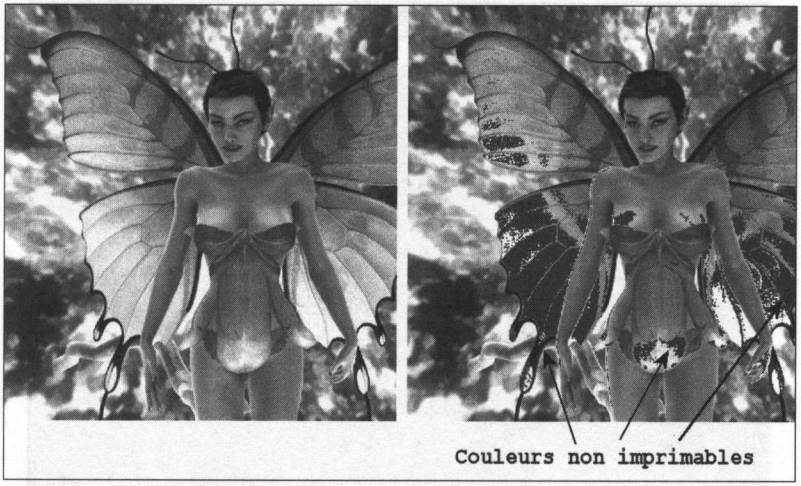


Fig.5.2

Pour modifier la couleur des alertes de couleurs non imprimables :

1. Utiliser l'une des méthodes suivantes (fig.5.3) :
   - Sous Windows ou Mac OS 9.x, choisir **Edition** > **Préférences** > **Transparence et couleurs non imprimables.**
   - Sous Mac OS X, choisir **Photoshop** > **Préférences** > **Transparence et couleurs non imprimables.**
2. Dans le panneau **Couleurs non imprimables**, cliquer sur le témoin de couleur pour afficher le sélecteur de couleur. Sélectionner ensuite une nouvelle couleur de représentation et cliquez sur OK. Pour des résultats optimaux, utiliser une couleur non présente dans l'image.
3. Entrer une valeur dans la zone de texte **Opacité**. Les valeurs admises sont comprises entre 0 et 100 %. Utiliser ce paramètre pour révéler plus ou moins l'image sous-jacente à travers la couleur de représentation. Cliquer ensuite sur OK.

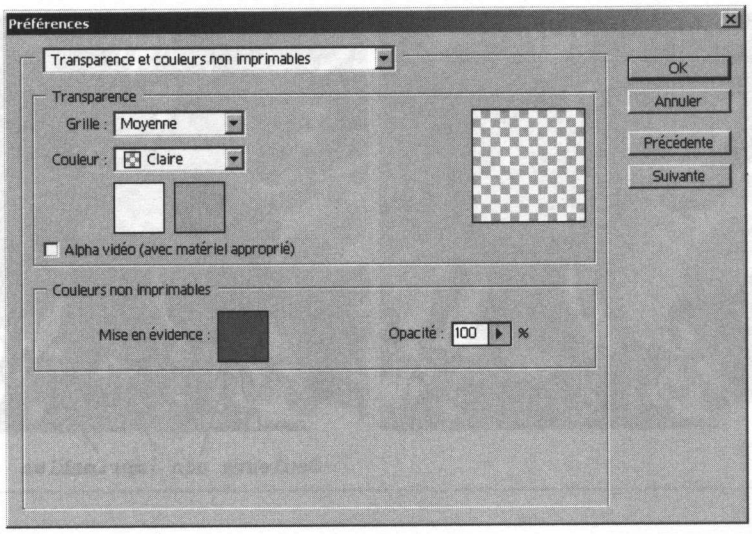


Fig.5.3

1.4. Les couches de couleur dans Photoshop

Chaque image Adobe possède une ou plusieurs **couches**, stockant chacune des informations sur les éléments de couleur dans l'image. Le nombre de couches de couleur par défaut dans une image dépend de son mode de couleur. Par exemple, une image CMJN possède au moins quatre couches, détenant respectivement les informations pour le cyan, le magenta, le jaune et le noir. Une couche peut être comparée à une plaque dans le processus d'impression, chaque plaque représentant une couleur.

Outre les couches de couleur par défaut, des couches supplémentaires, appelées **couches alpha**, peuvent être ajoutées à l'image pour stocker et modifier des sélections comme les masques. Des couches de ton direct peuvent être ajoutées pour augmenter les plaques de ton direct pour l'impression.

Une image peut compter jusqu'à 24 couches. Par défaut, les images en mode Bitmap, en niveaux de gris, bichromes et à couleurs indexées ont une couche, les images RVB et Lab en ont trois et les images CMJN en ont quatre.

2. La gestion de la couleur avec Photoshop

Depuis la version 5 et surtout 6, Photoshop permet la prise en compte des profils ICC et d'une gestion intégrée de la couleur. Cette dernière peut s'effectuer simplement avec les seuls outils disponibles dans Photoshop ou de façon plus contrôlée avec l'aide d'appareils de mesure comme le colorimètre et le spectrophotomètre et les outils de création de profils ICC.

Le système de gestion des couleurs de Photoshop repose ainsi sur des profils de couleurs qui décrivent les caractéristiques de chacun des périphériques employés, et ce de l'acquisition jusqu'à la sortie finale. Photoshop lit les profils correspondant au périphérique d'entrée et applique aux images une conversion en fonction du périphérique de sortie en préservant au mieux les couleurs.

Lorsque Photoshop ouvre un fichier qui comporte un profil, il lit ce dernier et l'interprète, tant pour les fichiers CMJN que RVB. L'espace colorimétrique de l'image est automatiquement adapté à celui du moniteur pour obtenir une représentation de l'image aussi juste que possible. Ensuite, lors de l'impression du fichier, il conviendra d'effectuer une conversion de l'espace de travail courant dans l'espace de travail de l'imprimante.

2.1. L'installation de profils colorimétriques

Une gestion des couleurs homogène et précise exige des profils fiables, conformes à la norme ICC, pour tous les périphériques couleur. Ainsi, en l'absence d'un profil exact de scanner par exemple, une image parfaitement numérisée peut sembler incorrecte dans un autre programme, simplement en raison des différences d'espace colorimétrique entre le scanner et le programme d'affichage de l'image. Les profils peuvent être obtenus de plusieurs façons, présentées par ordre de précision :

- Définition des profils personnalisés adaptés aux périphériques, en utilisant un équipement professionnel.
- Utilisation des paramètres de la boîte de dialogue CMJN ou RVB personnalisé pour décrire le périphérique, puis enregistrement de ces paramètres en tant que profil colorimétrique.

- Acquisition de profils auprès d'un fabricant. Malheureusement, ces profils ne tiennent pas compte des légères différences existant naturellement entre les machines ou qui se développent à l'usage.
- Remplacement d'un profil recherché par un profil disponible susceptible de convenir à l'espace colorimétrique du périphérique. Par exemple, de nombreux scanners Mac OS ayant été optimisés pour l'espace colorimétrique d'un moniteur RVB Apple. On peut dès lors essayer d'utiliser un profil de moniteur Apple pour ces périphériques. Pour un scanner Windows sans profil, on peut essayer d'utiliser l'espace colorimétrique sRVB.

2.2. L'ajout de profils de périphériques au système de gestion des couleurs

Il est toujours possible d'ajouter des profils colorimétriques au système utilisé, pour les faire figurer comme options dans la boîte de dialogue Couleurs. Une fois l'ajout effectué à l'emplacement recommandé, il peut être nécessaire de le charger ou de redémarrer Photoshop pour que ce profil apparaisse dans la boîte de dialogue Couleurs.

Pour ajouter des profils au système :

Copiez les profils à l'un des emplacements recommandés suivants :

- Pour Windows 2000 : WinNT/System/Spool/Drivers/Color.
- Pour Windows NT : WinNT/System32/Color.
- Pour Windows 98 : Windows/System/Color.
- Pour Mac OS 9.x : Dossier Système/Profils ColorSync.
- Pour Mac OS X : Users/CurrentUser/Library/ColorSync.

2.3. La mise à jour des profils

Les spécifications de reproduction colorimétrique d'un périphérique couleur évoluent au fil du temps. Il est donc conseillé d'étalonner régulièrement ses périphériques et de mettre à jour ses profils. La durée de fiabilité

d'un profil est de l'ordre d'un mois, selon le périphérique. Certains moniteurs compensent automatiquement les luminophores anciens.

Il faut aussi songer à étalonner un périphérique lorsque l'on modifie l'un des facteurs agissant sur l'étalonnage. Par exemple, réétalonner son moniteur dès que l'on change l'éclairage de la pièce ou le réglage de luminosité de l'écran.

2.4. Configuration de la gestion des couleurs

Photoshop simplifie la configuration d'un processus de gestion des couleurs en rassemblant la plupart des commandes appropriées dans une même boîte de dialogue **Couleurs**. Vous pouvez puiser dans une liste de paramètres prédéfinis de gestion des couleurs ou régler manuellement les commandes pour créer vos propres paramètres personnalisés. Vous pouvez même enregistrer les paramètres personnalisés pour les partager avec d'autres utilisateurs et d'autres applications Adobe, comme Illustrator 9.0, qui disposent de la même boîte de dialogue Couleurs.

Photoshop utilise aussi des règles de gestion des couleurs, qui définissent le traitement à réserver aux données de couleur ne correspondant pas immédiatement à son processus actuel de gestion des couleurs. Ces règles indiquent la marche à suivre pour ouvrir un document ou importer des données de couleur dans un document actif.

Pour spécifier les paramètres de gestion des couleurs :

Utilisez l'une des méthodes suivantes :

- Sous Windows et Mac OS 9, choisissez Édition > Couleurs.
- Sous Mac OS X, choisissez Photoshop > Couleurs.

Deux méthodes sont disponibles pour travailler avec la gestion des couleurs sous Photoshop :

- Utilisation des paramètres prédéfinis de gestion des couleurs.
- Personnalisation des paramètres de gestion des couleurs.

2.5. Gestion de la couleur avec utilisation des paramètres prédéfinis dans Photoshop

Photoshop présente un ensemble de paramètres prédéfinis de gestion des couleurs conçus pour produire des couleurs homogènes dans le cas d'une procédure de publication commune, telle que la préparation de documents destinés au Web ou à une presse offset. En règle générale, les paramètres prédéfinis garantissent une bonne gestion des couleurs adaptée à ses besoins, mais ils peuvent aussi servir de point de départ pour la création de paramètres personnalisés. Pour choisir un paramètre prédéfini de gestion des couleurs, il convient de choisir l'une des options suivantes dans le menu **Paramètres** de la boîte de dialogue **Couleurs** (fig.5.4) :

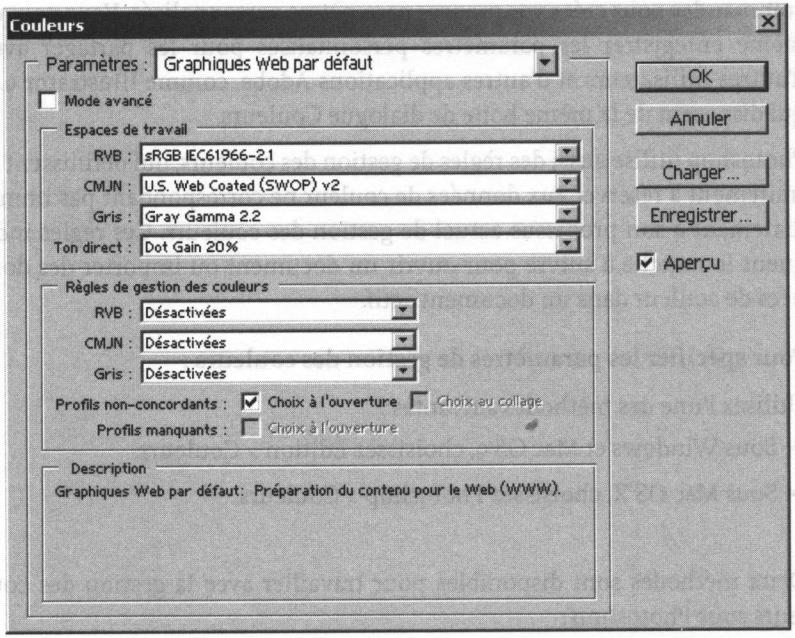


Fig.5.4

- **Gestion des couleurs désactivée** : méthode passive de la gestion des couleurs pour émuler le comportement des applications qui ne prennent pas en charge la gestion des couleurs. Bien que les profils de l'espace de travail soient pris en compte lors de la conversion de couleurs entre les espaces colorimétriques, les documents ne sont pas accompagnés d'une description des profils. Cette option convient aux contenus de productions vidéo ou aux présentations en ligne. Cette méthode ne doit pas être utilisée si l'on travaille principalement avec des documents contenant une description des profils de couleur.
- **ColorSync-Déroulement du travail (Mac OS uniquement)** : méthode qui gère les couleurs à l'aide du système de gestion des couleurs ColorSync et avec les profils choisis dans le tableau de bord ColorSync. Il convient de choisir cette option pour utiliser la gestion des couleurs avec diverses applications Adobe ou autres. Cette configuration de gestion des couleurs n'est pas reconnue par les systèmes Windows, ni par les versions de ColorSync antérieures à la 3.0.
- **Emuler Photoshop 4** : méthode qui émule le processus de gestion des couleurs utilisée par la version Mac OS d'Adobe Photoshop versions 4.0 et antérieures.
- **Défauts Prépresse Europe** : méthode qui gère les couleurs des sorties qui seront imprimées dans des conditions d'impression standard en Europe.
- **Défauts Prépresse Japon** : méthode qui gère les couleurs des sorties qui seront imprimées dans des conditions d'impression standard au Japon.
- **Espaces par défaut Photoshop 5** : méthode qui prépare le contenu en utilisant les espaces de travail par défaut de Photoshop 5.
- **Défauts Prépresse E.-U.** : méthode qui gère les couleurs des sorties qui seront imprimées dans des conditions d'impression standard aux Etats-Unis.
- **Graphiques Web par défaut** : méthode qui gère les couleurs des sorties qui seront publiées sur le World Wide Web.

Après avoir sélectionné une configuration prédéfinie, les paramètres de gestion des couleurs spécifiques correspondants s'affichent dans la boîte de dialogue Couleurs (fig.5.5).

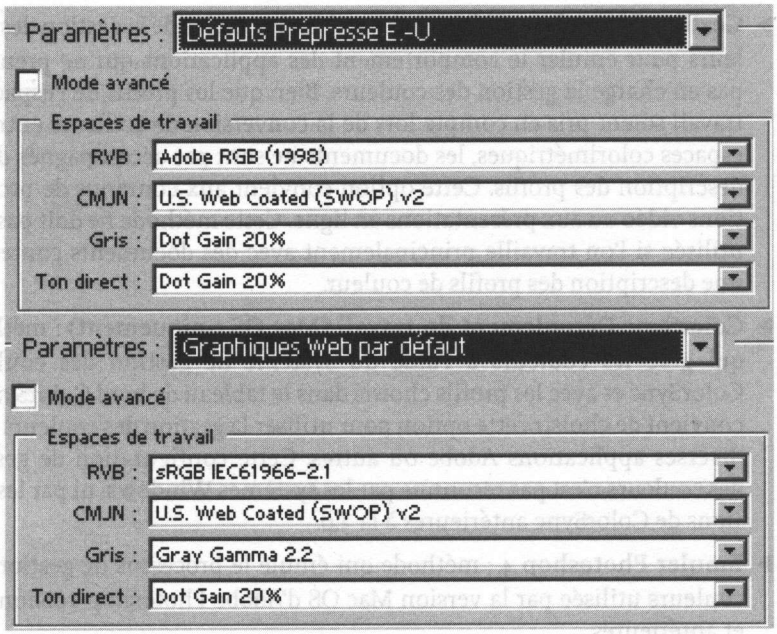


Fig.5.5

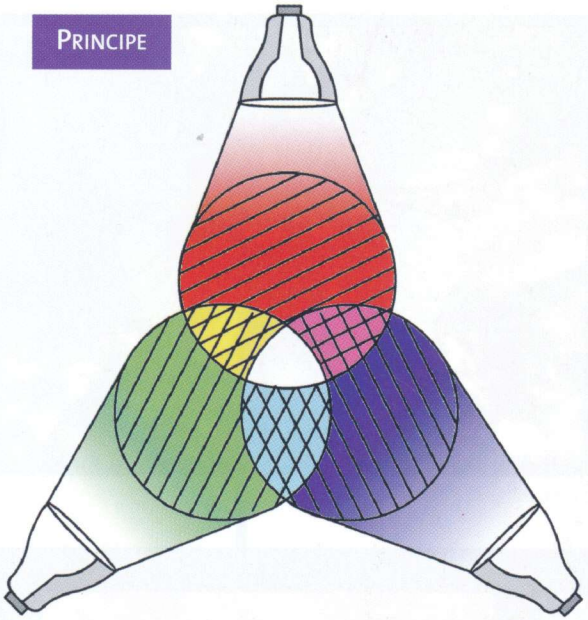
L'espace de travail

La sélection, dans l'étape précédente, de paramètres prédéfinis de gestion des couleurs spécifie par la suite les profils colorimétriques à associer aux modes de couleurs RVB, CMJN et Niveaux de gris. Ces paramètres indiquent aussi le profil colorimétrique des tons directs dans un document. Ces profils, qui constituent des éléments essentiels du processus de gestion des couleurs, sont aussi appelés **espaces de travail**. Les espaces de travail spécifiés par les paramètres prédéfinis représentent les profils qui reproduiront les couleurs les plus fidèles dans plusieurs environnements standard. Ainsi, le paramètre Défauts Prépresse E.-U. exploite un espace de travail CMJN qui garantit l'homogénéité des couleurs dans des conditions d'impression conformes à la norme SWOP (Specifications for Web Offset Publications).

La couleur additive (RVB)

ROUGE

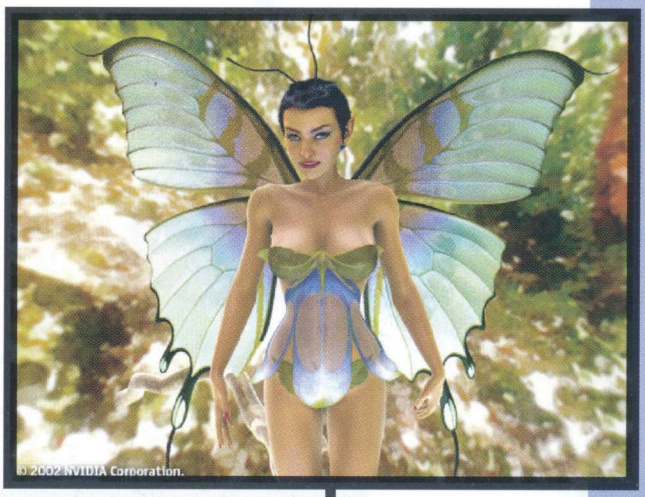
Principe



VERT

BLEU

Original



© nvidia

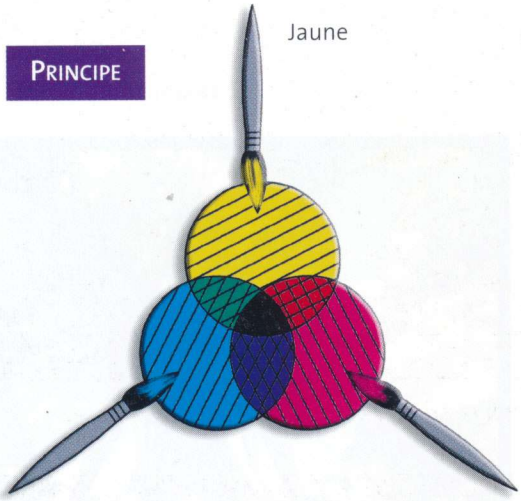
Rouge

Vert

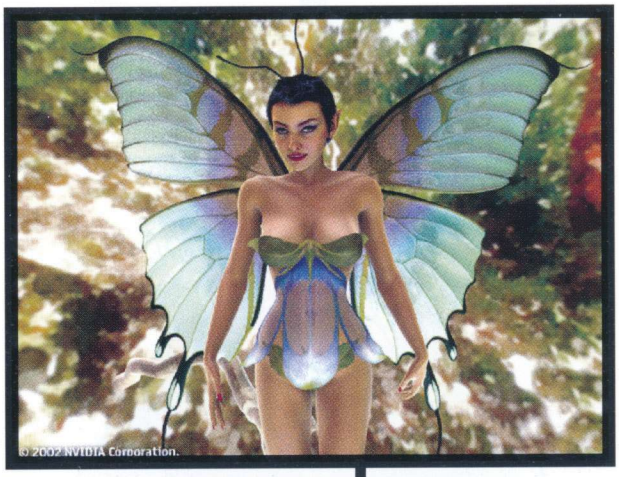
Bleu

La couleur soustractive (CMJN)

Principe

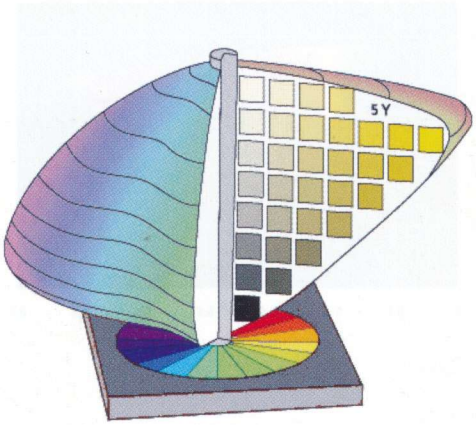


Original

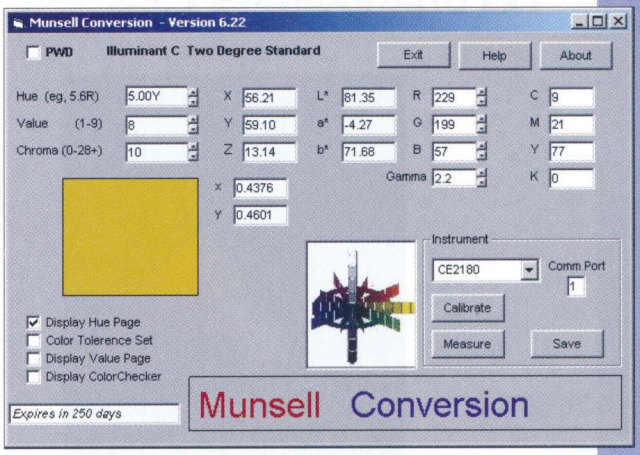


© nvidia

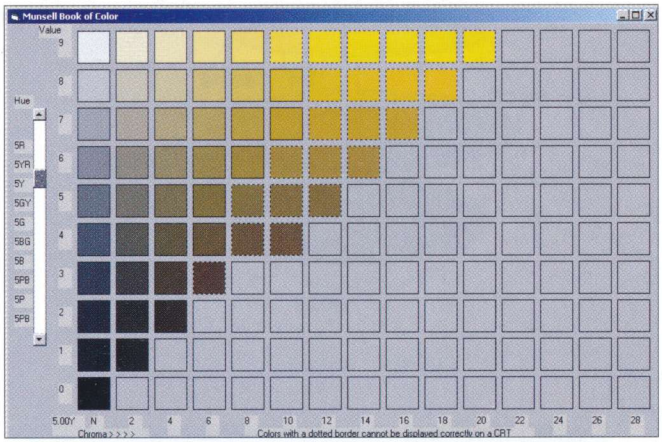
Le système Munsell



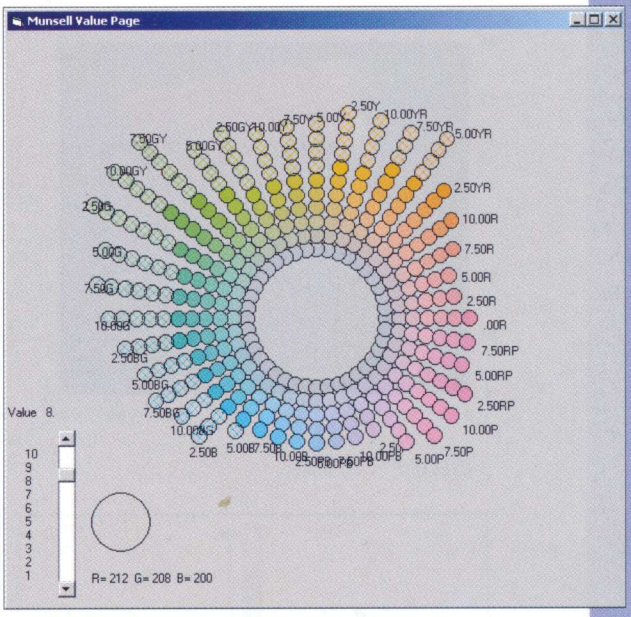
Livre des couleurs



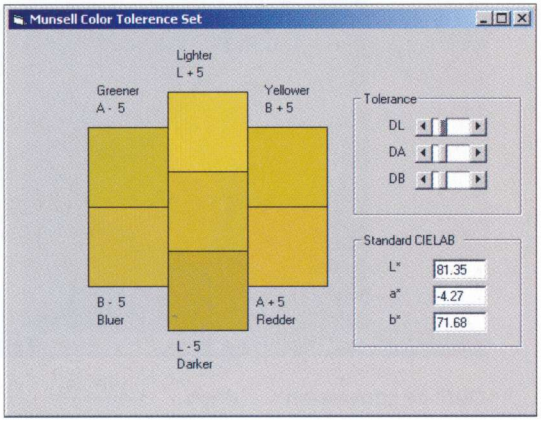
Programme de conversion © Gretag Macbeth



Teintes © Gretag Macbeth

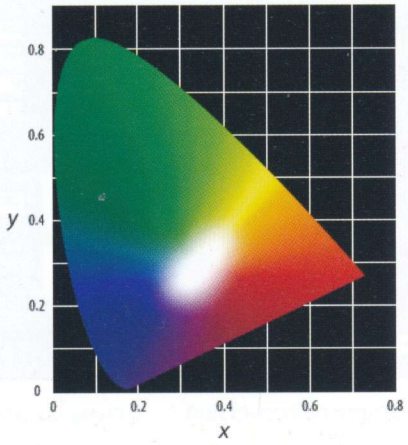


Luminosités © Gretag Macbeth

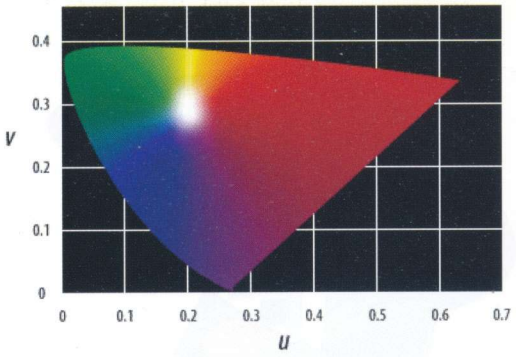


Tolérances © Gretag Macbeth

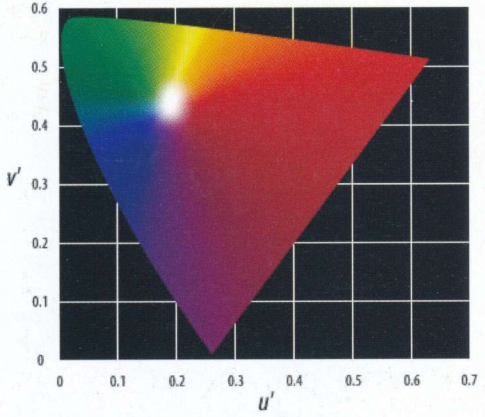
Les diagrammes C.I.E.



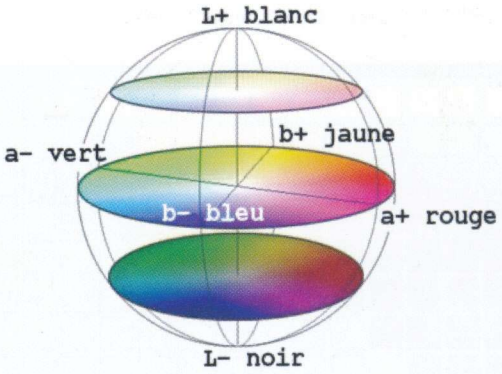
CIE-XYZ © Adobe



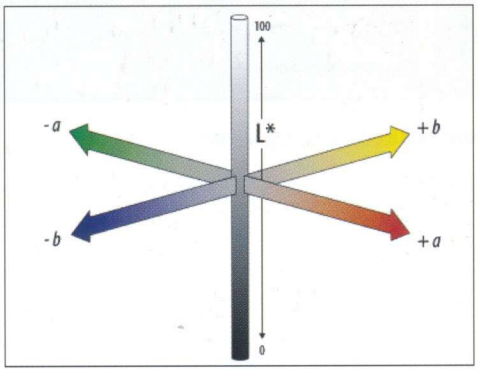
CIELuv © Adobe



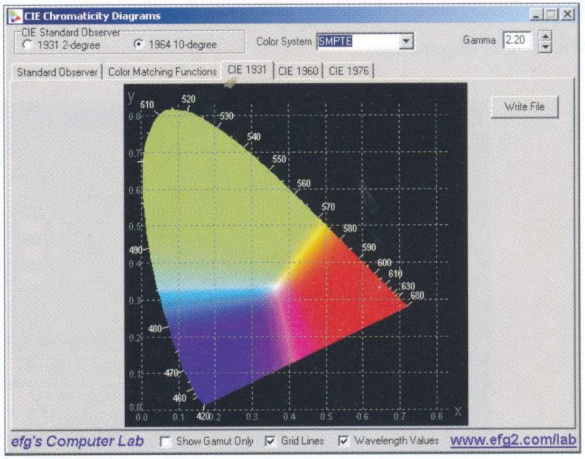
CIELu'v' © Adobe



CIELab © Adobe

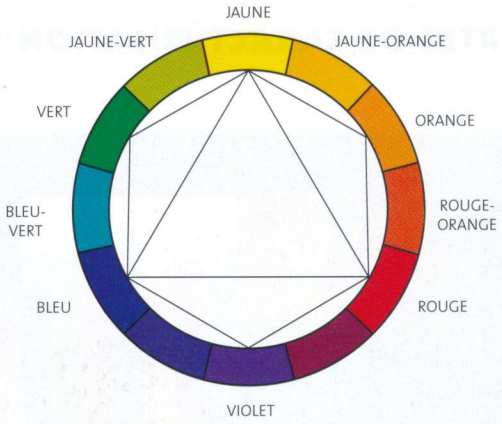


CIELab © Adobe

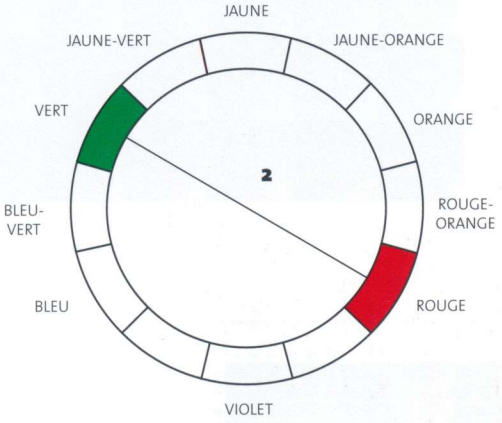


Outil de conversion © egf2

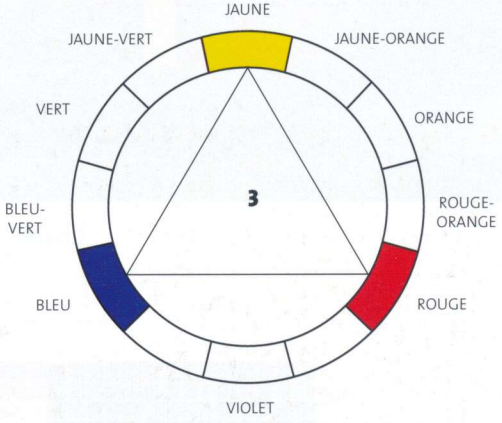
Harmonie des couleurs selon J. Itten



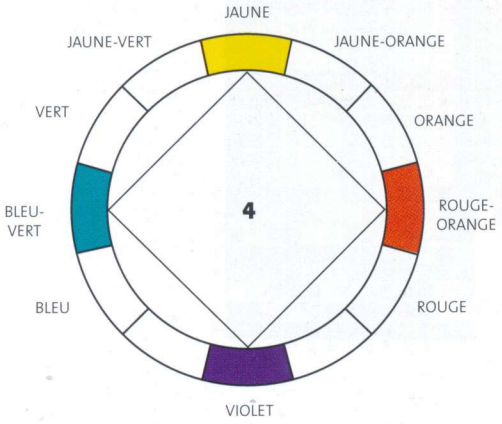
Cercle chromatique



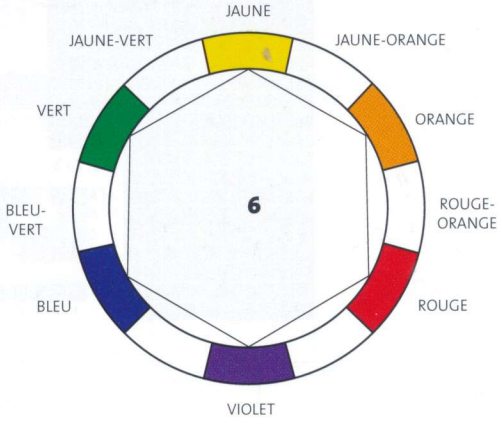
Accord à 2 couleurs



Accord à 3 couleurs

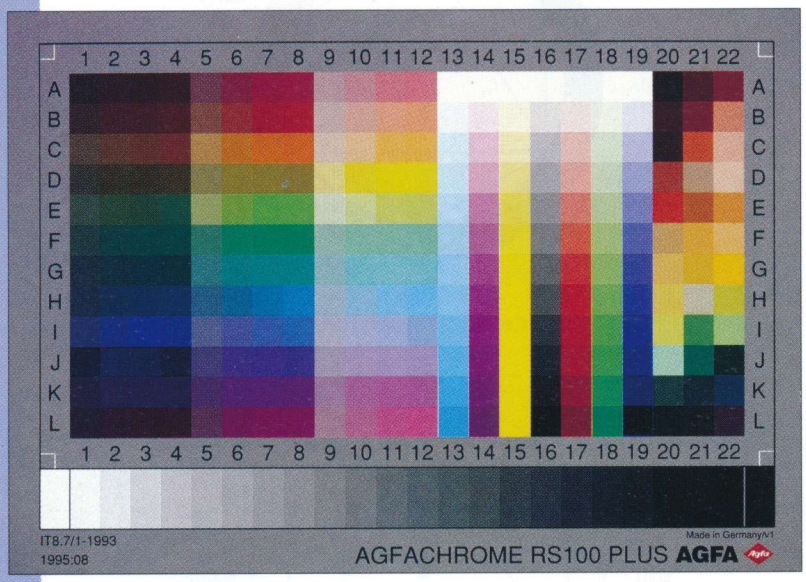


Accord à 4 couleurs



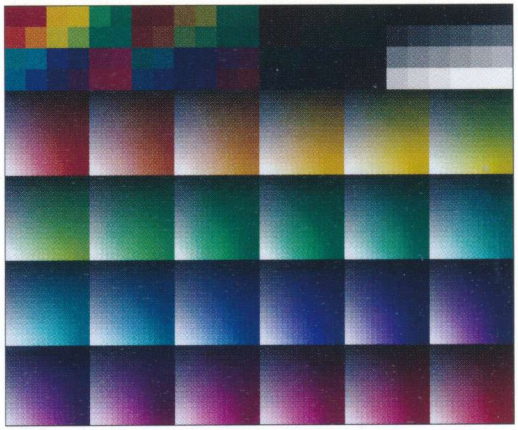
Accord à 6 couleurs

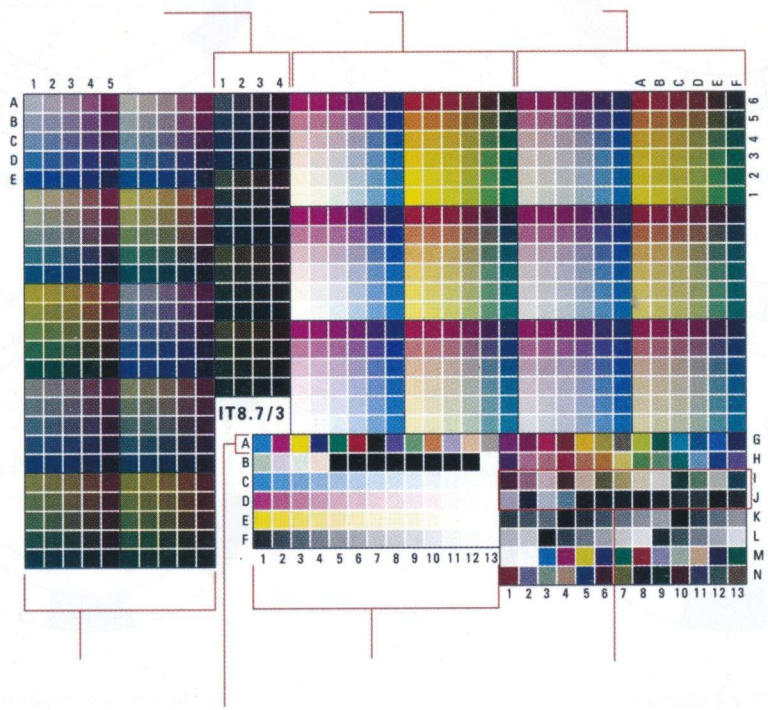
Chartes de caractérisation de périphériques



Charte IT8.7/1 © Agfa

Charte Binuscan © Binuscan



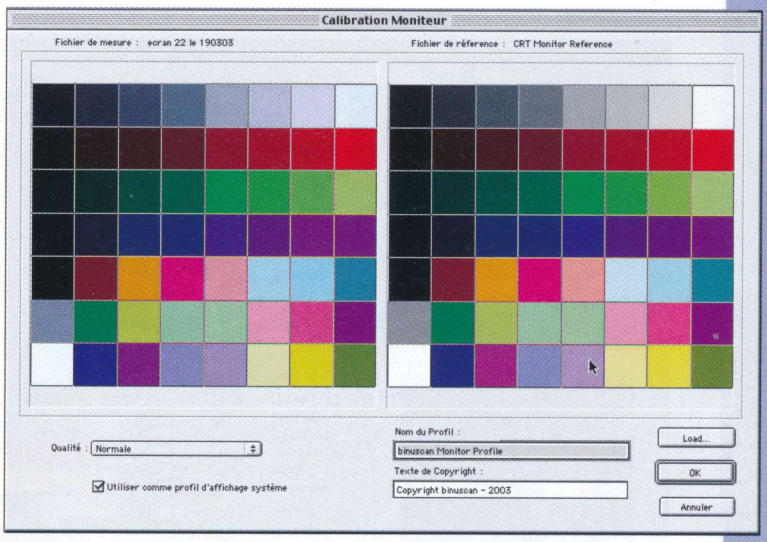


Charte IT8.7/3 © Agfa

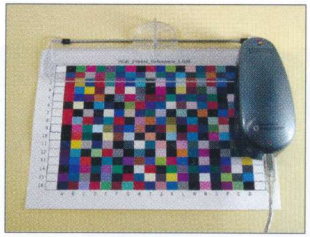
Gestion de la couleur : système Binuscan

Spectrophotomètre Binuscan

© Binuscan

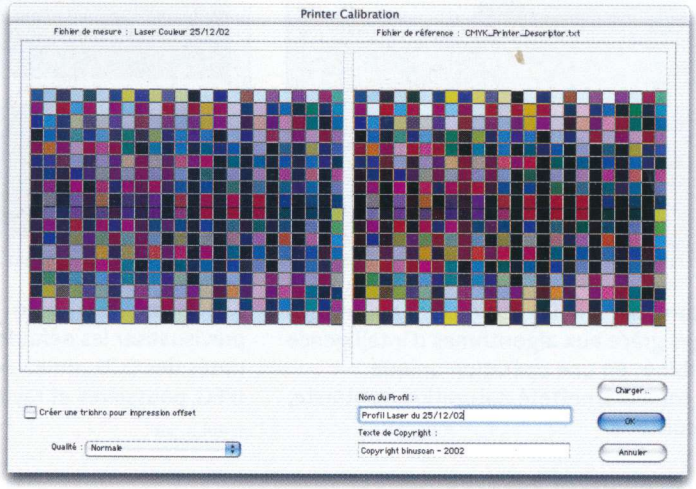


Calibration du moniteur



Mesure de la charte d'impression

© Binuscan



Calibration de l'imprimante

© Binuscan

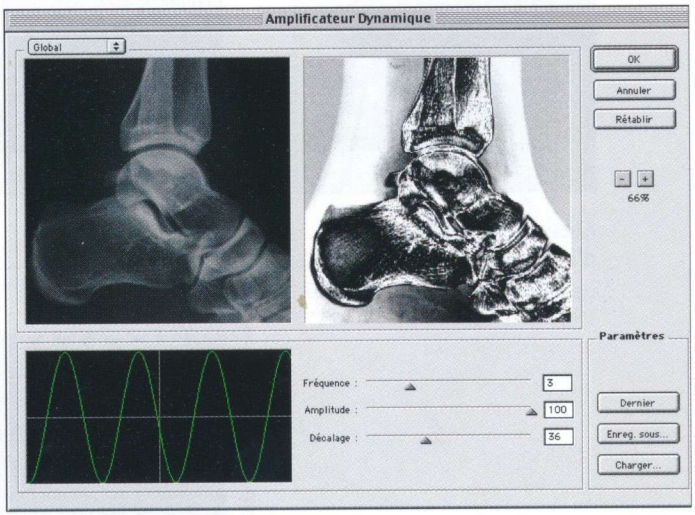
Gestion de la couleur avec PhotoRetouch

Tables de séparation CMJN professionnelles : PhotoRetouch Pro intègre un jeu de tables UCR et GCR prédéfinies, ainsi que des outils de création de tables personnalisées avec contrôle total sur la génération du noir, l'UCA et le total d'encrage maximum.

© Binuscan

Traitement automatique RECO : correction automatique des images grâce aux algorithmes d'intelligence artificielle, combinés en une opération unique. Correction des couleurs, netteté, saturation, contraste, réduction du bruit...

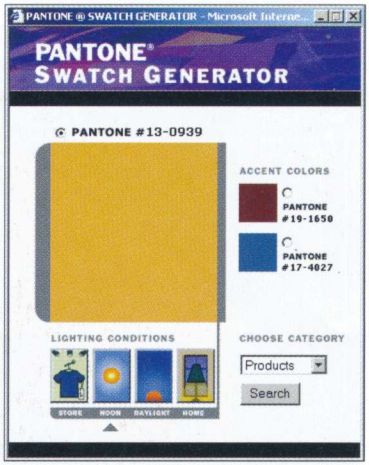
© Binuscan



Analyse qualitative de l'image : la fonction bX-Ray permet de prévisualiser les défauts structurels invisibles d'une image (ratés des CCD, anneaux de Newton, artefacts de compression JPEG, poussières et rayures...).

© Binuscan

Système « The Right Color » © Pantone

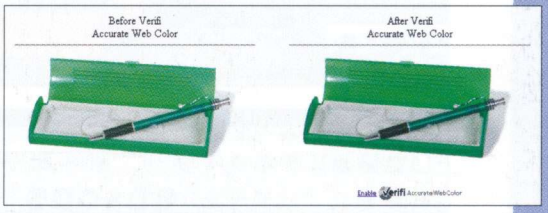


Système « The Right Color »

© Pantone

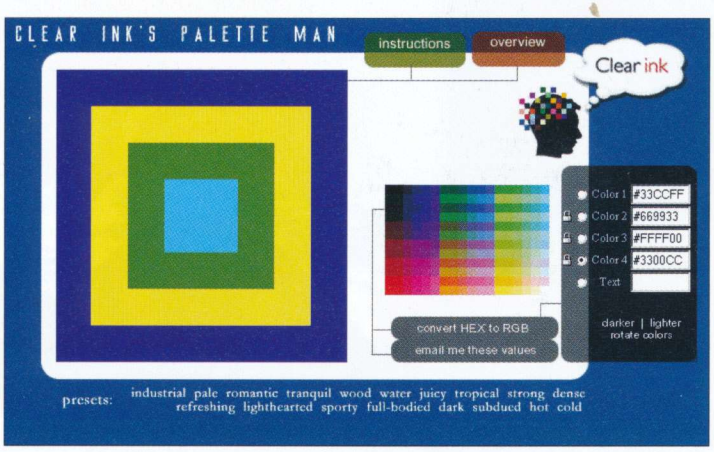
Système « Verifi »

© Imation



Système « Verifi »

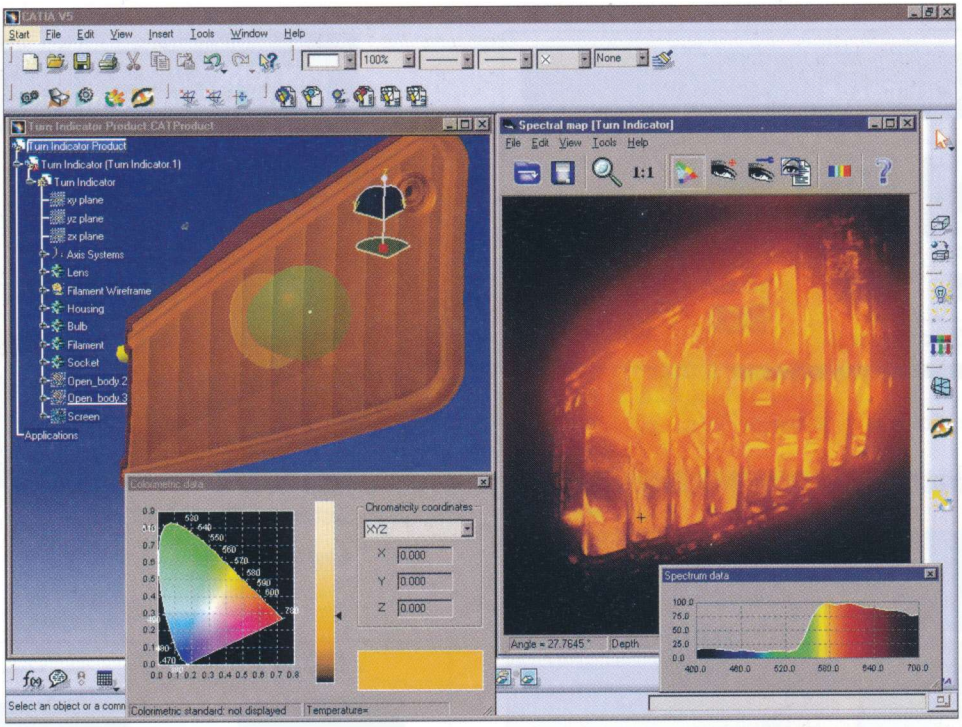
© Imation



Combinaison de couleurs pour le Web

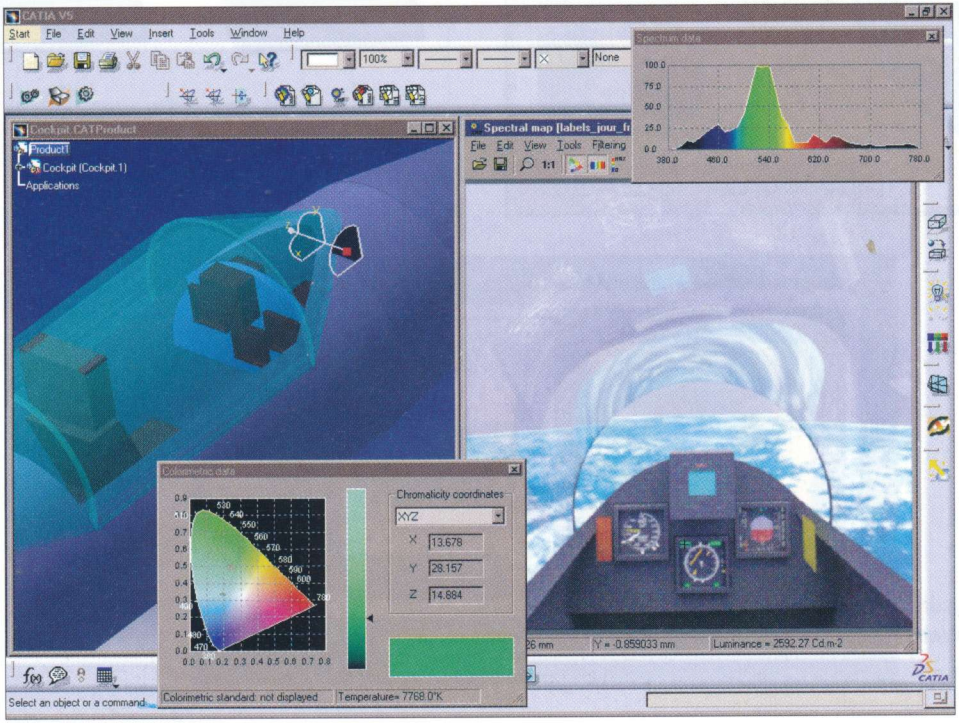
© Paletteman

La couleur, outil de conception



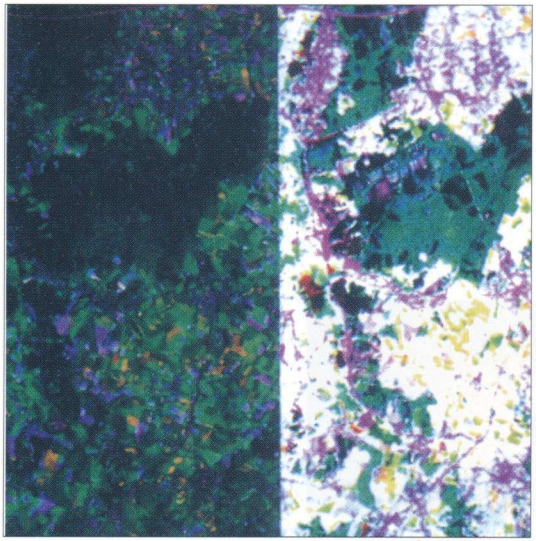
Analyse colorimétrique d'un clignotant de voiture

© Optis

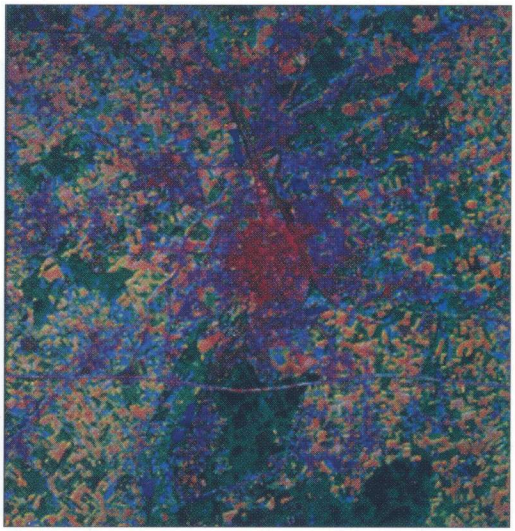


Modélisation et étude des reflets parasites d'un cockpit

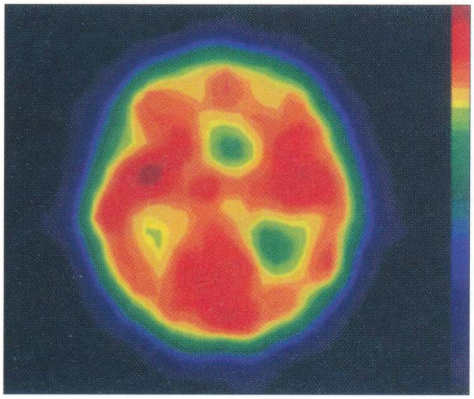
© Optis



Imagerie spatiale
Télédétection satellitaire
© Institut Géographique, Bruxelles



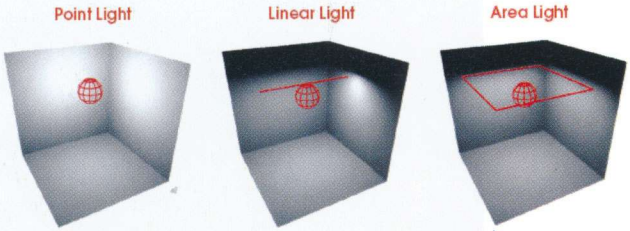
Imagerie spatiale Télédétection satellitaire
© Institut Géographique, Bruxelles



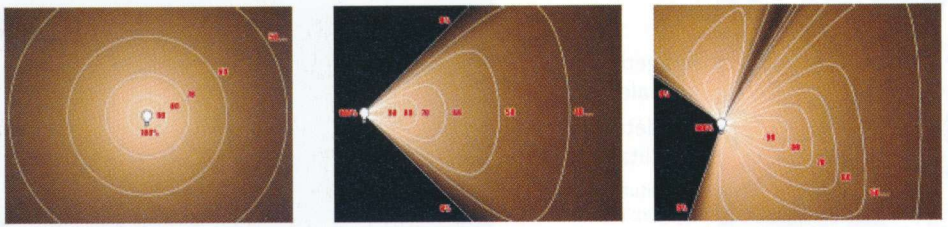
Imagerie médicale
Scintigraphie au niveau du cerveau
© UCL. Départ. Imagerie médicale

Imagerie médicale
Reconstruction 3D
© Philips Medical Systems

L'ÉCLAIRAGE PHOTOMÉTRIQUE ET LES PSEUDO-COULEURS

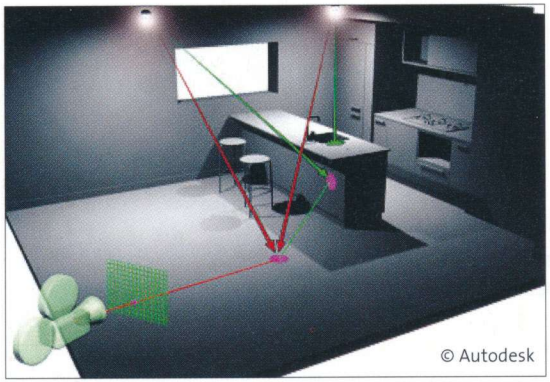


Types de lumières photométriques

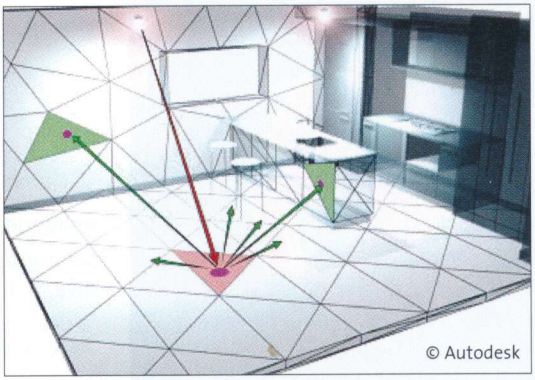


Isotropic | Spotlight | Web

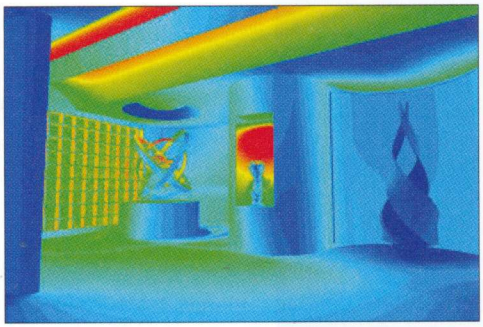
Types de distribution de la lumière



Principe du « lancer de rayons »

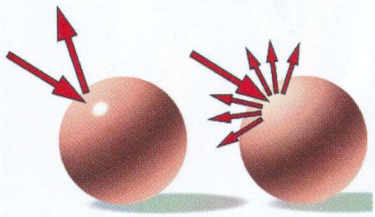


Principe de la « radiosité »



Contrôle du niveau d'éclairement des surfaces (utilisation des pseudo-couleurs)

© Autodesk



Réflexion spéculaire | Réflexion diffuse

La création ou l'ouverture de fichiers dans l'espace de travail prédéfini

Un espace de travail joue le rôle de profil colorimétrique pour les documents sans description et les nouveaux documents qui utilisent le mode de couleur associé. Si, par exemple, l'espace de travail Adobe RVB (1998) est défini, tout document RVB créé utilisera des couleurs comprises dans cet espace colorimétrique. Les espaces de travail définissent aussi l'espace colorimétrique cible des documents convertis au mode RVB, CMJN ou Niveaux de gris.

Avec un nouveau document, ce procédé est relativement transparent : le document utilise le profil d'espace de travail associé à son mode de couleur pour créer et modifier des couleurs.

Cependant, les exceptions suivantes sont courantes :

- **Ouverture ou importation de données de couleur (par exemple, par copier-coller ou glisser-déposer) depuis un document ne contenant aucune description de profil** : c'est souvent le cas lorsque l'on ouvre un document créé dans une application qui ne reconnaît pas la gestion des couleurs ou dont cette fonction est désactivée.
- **Ouverture ou importation de données de couleur depuis un document contenant une description de profil différente de l'espace de travail actif** : cela peut se produire lorsque l'on ouvre un document créé avec des paramètres de gestion des couleurs différents ou un document numérisé et contenant une description de profil de scanner.

Dans un cas comme dans l'autre, Photoshop doit décider comment traiter les données chromatiques du document. Il fait appel pour cela à des **règles de gestion des couleurs.**

Les règles de gestion des couleurs

Le rôle d'une règle consiste à rechercher le profil de couleur associé à un document ouvert ou à des données chromatiques importées, puis à comparer ce profil avec l'espace de travail défini (ou constater l'absence de profil), afin de décider des stratégies de gestion des couleurs par défaut. Si le profil n'existe pas ou ne correspond pas à l'espace de travail, Photoshop affiche un

message indiquant l'action par défaut prévue par cette règle. Dans de nombreux cas, il est également possible de choisir une autre action que celle proposée.

Pour personnaliser les règles de gestion des couleurs, la procédure est la suivante (fig.5.6) : dans la zone **Règles de gestion des couleurs** de la boîte de dialogue **Couleurs** (Menu Edition), choisir l'une des options suivantes pour définir la règle par défaut de chaque mode de couleur.

Fig.5.6

- **Désactivées** : pour ne pas appliquer de gestion des couleurs aux données chromatiques nouvelles, ouvertes ou importées.
- **Conserver les profils incorporés** : pour travailler sur des documents avec et sans gestion des couleurs ou sur des documents utilisant divers profils dans le même mode de couleur.
- **Conversion en RVB, Conversion en CMJN ou Conversion en Niveaux de gris** : pour obliger tous les documents à utiliser l'espace de travail actif.

Pour les profils non concordants, sélectionner l'une des deux, les deux ou aucune des options suivantes :

- **Choix à l'ouverture** : pour afficher un message dès que l'on ouvre un document contenant la description d'un profil autre que l'espace de travail actif. Il est possible de modifier le comportement par défaut de la règle.

- **Choix au collage** : pour afficher un message dès que des profils colorimétriques ne concordent pas lorsque des couleurs sont importées dans un document (par collage, glisser-déposer, placement, etc.). Il est possible de modifier le comportement par défaut de la règle.

Pour les profils manquants, il convient de sélectionner **Choix à l'ouverture** pour afficher un message dès que l'on ouvre un document sans description. Il est possible de modifier le comportement par défaut de la règle.

Il est fortement recommandé de laisser les options **Choix à l'ouverture** et **Choix au collage** sélectionnées.

En fonction des opérations effectuées les messages suivants peuvent apparaître :

- **Profil manquant** : le fichier ouvert ne contient pas de profil colorimétrique intégré (fig.5.7).
- **Non-concordance des profils incorporés** : le fichier ouvert contient un profil colorimétrique intégré qui ne correspond pas à l'espace de travail actuel (fig.5.8).
- **Coller la non-concordance des profils** : le profil des données sources ne correspond pas à celui du document cible (opération copier-coller) (fig.5.9).

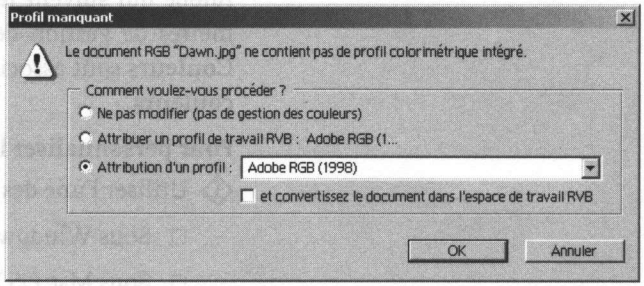


Fig.5.7

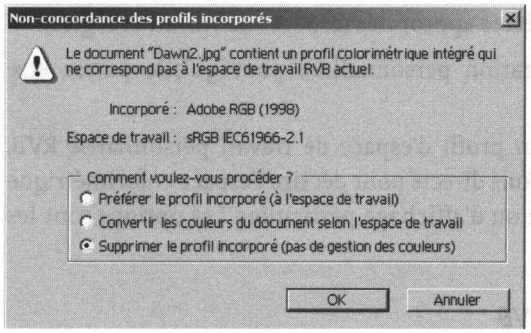


Fig.5.8

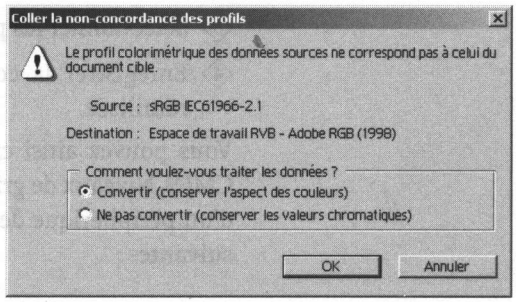


Fig.5.9

2.6. Gestion de la couleur avec personnalisation des paramètres

Bien que les paramètres prédéfinis suffisent à assurer la gestion des couleurs de nombreuses procédures de publication, il peut parfois être nécessaire de personnaliser certaines options d'une configuration. Par exemple, il est utile de remplacer l'espace de travail CMJN par un profil qui correspond à sa propre imprimante ou à la presse à épreuves utilisée par son imprimeur ou atelier de photocomposition.

Il est important d'enregistrer les configurations personnalisées pour pouvoir les réutiliser et les partager avec d'autres utilisateurs ou applications Adobe qui suivent le même processus de gestion des couleurs. Les paramètres de gestion des couleurs personnalisés dans la boîte de dialogue **Couleurs** sont associés à un fichier de préférences intitulé **Paramètres de couleurs**.

Pour personnaliser les paramètres de gestion des couleurs :

① Utiliser l'une des méthodes suivantes :

- □ Sous Windows et Mac OS 9.x, choisir **Edition** › **Couleurs**.
- □ Sous Mac OS X, choisir **Photoshop** › **Couleurs**.

② Pour personnaliser des paramètres à partir d'une configuration prédéfinie de gestion des couleurs, choisir cette configuration dans le menu **Paramètres**.

③ Sélectionner les paramètres appropriés (espaces de travail et règles).

④ Enregistrer la configuration personnalisée pour qu'elle puisse être réutilisée.

Vous pouvez ainsi créer un profil d'espace de travail personnalisé RVB, CMJN, Niveaux de gris ou Tons directs pour décrire l'espace colorimétrique d'un périphérique de sortie ou d'affichage particulier. Les options sont les suivantes :

Pour l'espace de travail RVB

- **Espaces de travail existants** : une série d'espaces de travail existants sont disponibles (Adobe RGB, Apple RGB, ColorMatch RGB...).

- **RVB personnalisé** : permet de définir ses propres paramètres pour l'espace de travail (gamma, point blanc, luminophores...) (fig.5.10).
- **Charger RVB** : permet de charger un profil ICC qui n'existe pas dans la liste déroulante (fig.5.11).

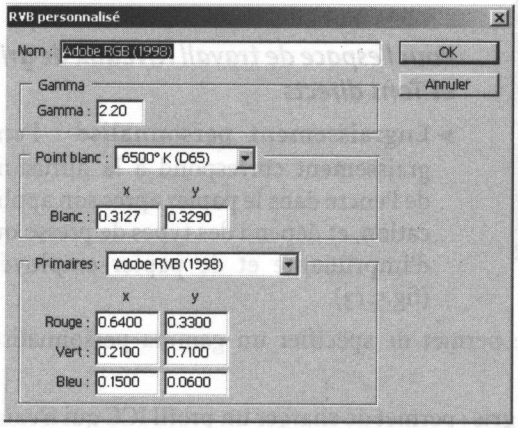


Fig.5.10

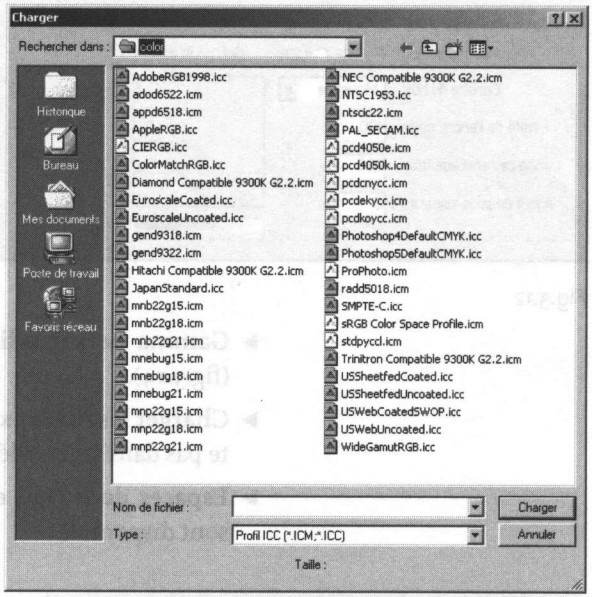


Fig.5.11

Pour l'espace de travail CMJN

- **Espaces de travail existants** : une série d'espaces de travail existants sont disponibles (SWOP, Euroscale, Japan Standard...).
- **CMJN personnalisé** : permet de spécifier les couleurs d'encrage, l'engraissement, le type de séparation et la densité du noir du périphérique de sortie (fig.5.12). Les profils CMJN personnalisés sont surtout utiles pour assurer la compatibilité de la gestion des couleurs avec les documents créés avec des versions de Photoshop antérieures à 6.0. En général, les profils d'espace de travail CMJN inclus avec la présente version de Photoshop produisent des résultats plus précis.

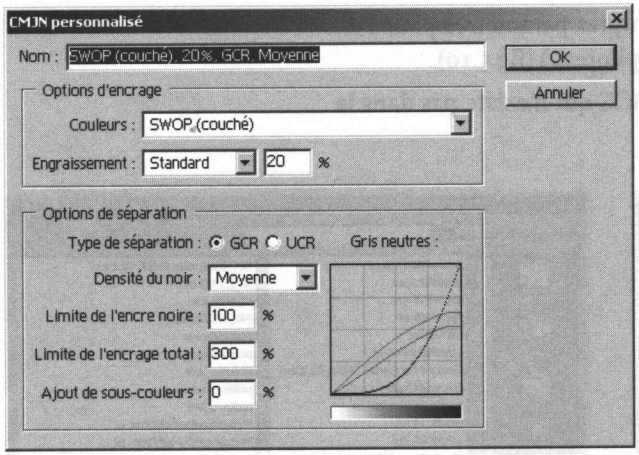


Fig.5.12

► **Charger CMJN** : permet de charger un profil ICC qui n'existe pas dans la liste déroulante.

Pour l'espace de travail Niveaux de gris et Tons directs

► **Engraissement personnalisé** : l'engraissement correspond à la diffusion de l'encre dans le papier après son application, et dépend des types de presse ou d'imprimante et de papier employés (fig.5.13).

► **Gamma personnalisé** : permet de spécifier un gamma personnalisé (fig.5.14).

► **Charger les niveaux de gris** : permet de charger un profil ICC qui n'existe pas dans la liste déroulante.

► **Espaces de travail existants** : une série d'espaces de travail existants sont disponibles.

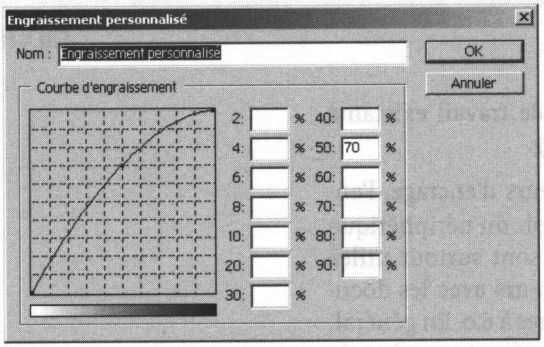


Fig.5.13

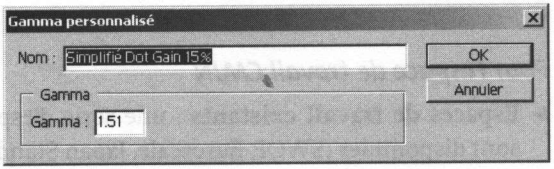


Fig.5.14

Les options de conversion

Les options de conversion permettent de sélectionner le type de moteur de conversion et le mode de conversion. Le moteur de gestion des couleurs spécifie le système et la méthode de correspondance des couleurs utilisés pour convertir les couleurs d'un espace colorimétrique vers un autre. Les moteurs suivants sont disponibles (fig.5.15) : Adobe (ACE), Microsoft ICM, Apple ColorSync, CMM Apple, Heidelberg CMM (Mac).

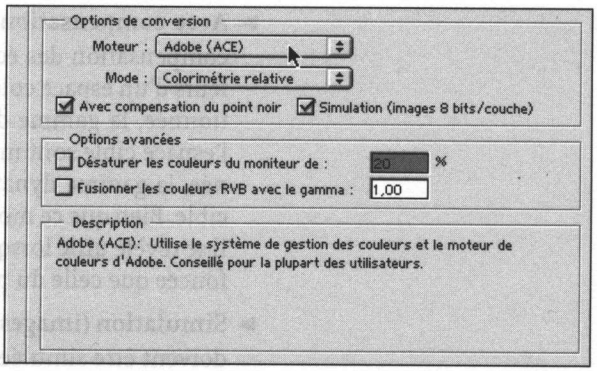


Fig.5.15

La conversion des couleurs en un espace colorimétrique différent nécessite un réglage des couleurs en fonction de la gamme de l'espace cible. Toutes les techniques de conversion adoptent leurs propres règles pour déterminer le réglage des couleurs source. Par exemple, les couleurs comprises dans la gamme cible peuvent rester intactes ou être corrigées de sorte qu'elles conservent leur champ de relations visuelles d'origine si la gamme cible est plus petite. Ces techniques de conversion, appelées **modes de rendu**, sont optimisées en vue d'une utilisation différente des images en couleurs. Le résultat du mode de rendu choisi dépend du contenu graphique des documents et des profils utilisés pour définir les espaces colorimétriques. Certains profils produisent les mêmes résultats avec des modes de rendu différents. Les différences entre les modes de rendu sont perceptibles uniquement lorsque l'on imprime un document ou qu'on le convertit en un autre espace colorimétrique.

Les différentes modes de rendu sont Perception, Saturation, Colorimétrie relative et Colorimétrie absolue (voir chapitre 4 pour plus de détails).

Deux autres options sont disponibles (fig.5.16) :

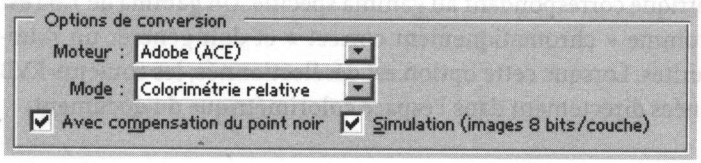


Fig.5.16

- **Avec compensation du point noir :** cette option permet de définir la compensation des écarts de points noirs lors de la conversion des couleurs d'un espace colorimétrique à l'autre. Lorsque cette option est sélectionnée, la gamme dynamique complète de l'espace source et celle de l'espace cible sont mises en correspondance. Lorsqu'elle est désélectionnée, la gamme dynamique de l'espace source est simulée dans l'espace cible. Bien que ce mode puisse produire des ombres détourées ou grisées, il se révèle utile lorsque la valeur du point noir de l'espace source est plus foncée que celle du point noir de l'espace cible.
- **Simulation (images 8 bits/couche) :** cette option indique si les couleurs doivent être simulées lors de la conversion d'images à 8 bits par couche entre différents espaces colorimétriques. Lorsque cette option est sélectionnée, Photoshop mélange des couleurs dans l'espace colorimétrique cible, afin de simuler une couleur qu'il ne possède pas, mais qui existe dans l'espace source. La simulation atténue considérablement l'effet de bandes, mais risque d'augmenter la taille du fichier lors de la compression des images à diffuser sur le Web.

Les options avancées

L'option **Désaturer les couleurs du moniteur** permet de définir la désaturation des couleurs, selon les valeurs indiquées, lorsqu'elles sont affichées sur le moniteur. Lorsqu'elle est sélectionnée, cette option permet de visualiser la gamme complète des couleurs imprimables par rapport à la gamme plus restreinte du moniteur. Toutefois, l'affichage du moniteur ne correspond plus à l'impression. Lorsque cette option est désélectionnée, des couleurs distinctes dans l'image risquent d'être identiques à l'affichage.

L'option **Fusionner les couleurs RVB avec le gamma** définit la façon dont fusionnent les couleurs RVB pour produire des données composites (lorsque l'on fusionne des calques en mode Normal, par exemple). Lorsque cette option est sélectionnée, les couleurs RVB sont fusionnées dans l'espace colorimétrique correspondant au gamma spécifié. Un gamma de 1,00 est considéré comme « chromatiquement correct » et doit générer un minimum d'aspérités. Lorsque cette option est désélectionnée, les couleurs RVB sont fusionnées directement dans l'espace colorimétrique du document.

2.7. Enregistrement et chargement des paramètres de gestion des couleurs

Après avoir créé une configuration de gestion des couleurs personnalisée, il convient de lui donner un nom et de l'enregistrer pour pouvoir la partager avec d'autres utilisateurs et applications qui utilisent la boîte de dialogue Couleurs.

Pour enregistrer une configuration personnalisée de gestion des couleurs, la procédure est la suivante :

1. Dans la boîte de dialogue Couleurs, cliquer sur **Enregistrer**.
2. Nommer le fichier des paramètres de couleur, puis cliquer sur **Enregistrer**.
3. Pour s'assurer que la configuration enregistrée apparaît dans le menu **Paramètres** de la boîte de dialogue **Couleurs**, enregistrer le fichier dans l'un des emplacements recommandés suivants :
   - Pour Windows : Program Files/Fichiers communs/Adobe/Color/Settings.
   - Pour Mac OS 9.x : Dossier Système/Support aux applications/Adobe/Color/Settings.
   - Pour Mac OS X : User/CurrentUser/Library/Support aux applications/Adobe/Color/Settings.
4. Entrer les éventuels commentaires à associer à la configuration, puis cliquer sur OK.

Pour charger une configuration de gestion des couleurs, la procédure est la suivante :

1. Dans la boîte de dialogue **Couleurs**, cliquer sur **Charger**.
2. Rechercher le fichier des paramètres de couleur approprié, le sélectionner, puis cliquer sur **Charger**. Une fois le fichier des paramètres de couleur chargé, il est activé dans le menu **Paramètres** de la boîte de dialogue **Couleurs**.

2.8. La création d'une épreuve couleur à l'écran

L'une des étapes de la chaîne d'édition traditionnelle consiste à imprimer une épreuve papier de son document, afin de vérifier l'aspect des couleurs une fois reproduites sur un périphérique de sortie spécifique. Dans un processus de gestion des couleurs, il est possible d' utiliser la précision des profils colorimétriques pour réaliser une **épreuve-écran** de son document directement sur le moniteur, c'est-à-dire afficher un aperçu à l'écran des couleurs du document telles qu'elles seraient reproduites sur un périphérique donné. Toutefois, la fiabilité de cette épreuve dépend sensiblement de la qualité du moniteur, des profils du moniteur et de l'imprimante, et de l'éclairage du poste de travail. En outre, il est bien sûr possible de produire une version sur papier de cette épreuve-écran avec l'imprimante.

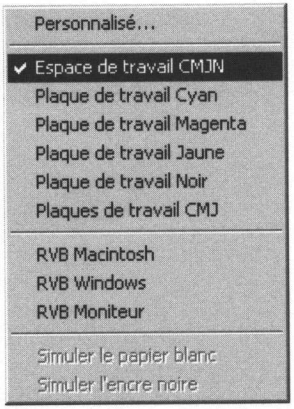


Fig.5.17

Pour afficher une épreuve à l'écran, la procédure est la suivante :

① Choisir **Affichage** › **Format d'épreuve**, puis sélectionner l'espace de profil d'épreuve à simuler (fig.5.17) :

- **Personnalisé** : produit des couleurs d'épreuve-écran utilisant le profil colorimétrique d'un périphérique de sortie particulier.
- **Espace de travail CMJN** : produit des couleurs d'épreuve-écran utilisant l'espace de travail CMJN défini dans la boîte de dialogue Couleurs.
- **Plaque de travail Cyan, Plaque de travail Magenta, Plaque de travail Jaune, Plaque de travail Noir ou Plaques de travail CMJ** : produisent des épreuves-écran propres aux couleurs d'encrage CMJN utilisant l'espace de travail CMJN actif.
- **RVB Macintosh ou RVB Windows** : produit des couleurs d'épreuve-écran dans une image utilisant un moniteur Mac OS ou Windows standard comme espace de profil d'épreuve à simuler. Aucune de ces options n'est disponible pour les documents Lab ou CMJN.
- **RVB moniteur** : produit des couleurs d'épreuve-écran dans un document RVB utilisant l'espace colorimétrique du moniteur actuel comme espace de profil d'épreuve. Cette option n'est pas disponible pour les documents Lab et CMJN.

- **Simuler le papier blanc** : prévisualise la teinte particulière de blanc obtenue sur le support d'impression défini par le profil d'un document. Cette option n'existe pas pour tous les profils et n'est disponible que pour l'épreuve-écran, pas pour l'impression.
- **Simuler l'encre noire** : prévisualise la gamme dynamique réelle définie par le profil d'un document. Cette option n'existe pas pour tous les profils et n'est disponible que pour l'épreuve-écran, pas pour l'impression.

② Choisir **Affichage** › **Couleurs de l'épreuve** pour activer ou désactiver l'affichage de l'épreuve-écran. Lorsque l'épreuvage à l'écran est activé, la commande Couleurs de l'épreuve est cochée.

Pour créer un format d'épreuve personnalisé, la procédure est la suivante :

① Choisir **Affichage** › **Format d'épreuve** › **Personnalisé** (fig.5.18).

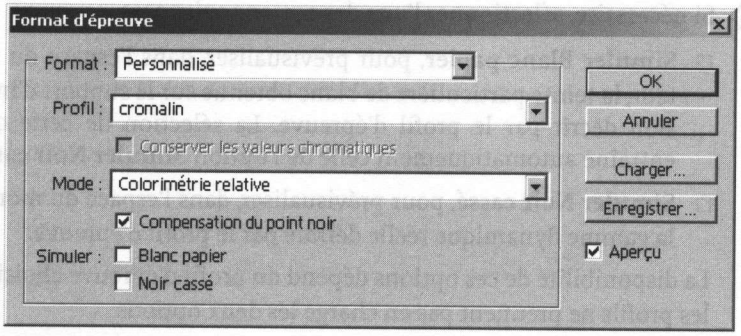


Fig.5.18

② Sélectionner **Aperçu** pour afficher en direct un aperçu de l'effet des paramètres d'épreuve dans le document tant que la boîte de dialogue Format d'épreuve est ouverte.

③ Pour utiliser un format d'épreuve prédéfini comme point de départ, il suffit de le choisir dans le menu **Format**. Si le format recherché ne figure pas dans le menu, cliquer sur **Charger** pour localiser et charger le format.

④ Dans le menu **Profil**, choisir le profil colorimétrique du périphérique pour lequel on souhaite créer l'épreuve. Par exemple, un Cromalin fournit par l'imprimeur.

⑤ Si le profil d'épreuve choisi utilise le même mode de couleur que le document, utiliser l'une des méthodes suivantes :

- Sélectionner **Conserver les valeurs chromatiques** pour simuler l'aspect du document sans conversion des couleurs depuis l'espace du document vers l'espace du profil d'épreuve. Cela simule les projections de couleur pouvant survenir lorsque les valeurs chromatiques du document sont interprétées à l'aide du profil d'épreuve au lieu du profil du document.
- Désélectionner **Conserver les valeurs chromatiques** pour simuler l'aspect du document si les couleurs sont converties depuis l'espace du document vers leurs plus proches équivalents dans l'espace du profil d'épreuve, dans le but de conserver leur apparence visuelle. Spécifier ensuite un mode de rendu pour la conversion.

⑥ Si nécessaire, sélectionner l'une des options suivantes :

- **Simuler Blanc papier**, pour prévisualiser, dans l'espace du moniteur, la teinte particulière de blanc obtenue sur le support d'impression décrit par le profil d'épreuve. La sélection de cette option entraîne automatiquement celle de l'option **Simuler Noir cassé**.
- **Simuler Noir cassé**, pour prévisualiser, dans l'espace du moniteur, la gamme dynamique réelle définie par le profil d'épreuve.

La disponibilité de ces options dépend du profil d'épreuve choisi. Tous les profils ne prennent pas en charge les deux options.

⑦ Pour enregistrer le format d'épreuve personnalisé en tant que format prédéfini, cliquer sur **Enregistrer**. Pour être sûr que le nouveau format prédéfini apparaît dans le menu **Affichage** › **Format d'épreuve**, il convient de l'enregistrer dans l'un des dossiers suivants :

- Program Files/Fichiers communs/Adobe/Color/Proofing (Windows).
- Dossier Système/Support aux applications/Adobe/Color/Proofing (Mac OS 9.x).
- Library/Support aux applications/Adobe/Color/Proofing (Mac OS X).

2.9. La modification du profil colorimétrique d'un document

Dans certains cas, il peut être nécessaire de convertir les couleurs d'un document dans un autre profil colorimétrique, de visualiser un document avec un profil différent sans effectuer de conversions de couleur ou de supprimer complètement le profil d'un document.

Pour redéfinir ou supprimer le profil d'un document, la procédure est la suivante :

① Choisir **Image** › **Mode** › **Attribuer un profil**.

② Sélectionner l'une des options suivantes (fig.5.19) :

- **Non** : pour supprimer le profil d'un document avec description. Il ne faut sélectionner cette option que si l'on est sûr de vouloir supprimer les descriptions du document.
- **Modèle colorimétrique de travail : espace de travail** : pour insérer dans le document une description du profil d'espace de travail actif.
- **Profil** : pour réattribuer un autre profil à un document avec description. Il convient de choisir le profil approprié dans le menu déroulant. Photoshop insère dans le document une description du nouveau profil, sans convertir les couleurs dans l'espace de profil.

③ Pour prévisualiser les effets de la nouvelle attribution de profil dans le document, sélectionner **Aperçu**.

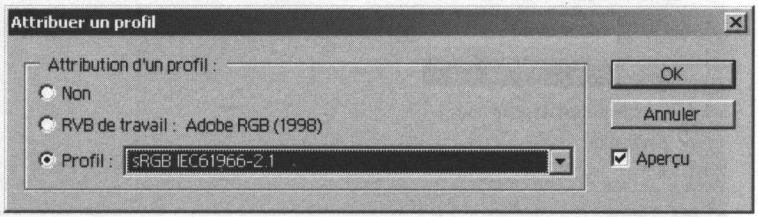


Fig.5.19

Pour convertir les couleurs d'un document dans un autre profil, la procédure est la suivante :

① Choisir **Image** › **Mode** › **Convertir en profil** (fig.5.20).

② Dans la zone **Espace de destination**, choisir le profil colorimétrique dans lequel convertir les couleurs du document. Le document sera converti à ce nouveau profil et en contiendra la description.

③ Dans la zone **Options de conversion**, indiquer un moteur de gestion des couleurs, un mode de rendu et des options de point noir et de simulation.

④ Pour aplatir tous les calques du document en un seul calque après conversion, sélectionner **Aplatir l'image**.

⑤ Pour prévisualiser les effets de la conversion dans le document, sélectionner **Aperçu**. Cet aperçu devient plus fidèle si l'on sélectionne **Aplatir l'image**.

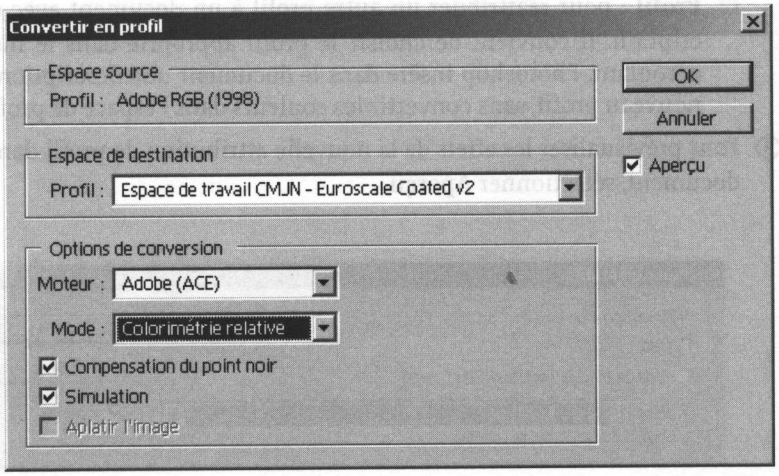


Fig.5.20

2.10. L'incorporation de profils dans des documents enregistrés

Lors de l'enregistrement dans un format de fichier prenant en charge les profils ICC incorporés, les informations de profil des documents avec description sont incorporées par défaut. Les documents sans description sont enregistrés par défaut sans profils incorporés.

Il est aussi possible d'indiquer si un profil doit être ou non incorporé lors de l'enregistrement d'un document. On peut aussi demander de convertir les couleurs dans l'espace du profil d'épreuve et d'incorporer plutôt le profil d'épreuve.

Pour modifier le comportement d'incorporation d'un profil dans un document, la procédure est la suivante :

① Choisir **Fichier** › **Enregistrer sous**.

② Utiliser l'une des méthodes suivantes :

- Pour activer ou désactiver l'incorporation du profil colorimétrique actif du document, sélectionner ou désélectionner l'option **Profil ICC (Windows)** ou **Incorporer le profil de couleur (Mac OS).** Cette option n'est disponible que pour le format Photoshop natif (.psd) et pour les formats PDF, JPEG, TIFF, EPS, DCS et PICT.
- Pour activer ou désactiver l'incorporation du profil d'épreuve actif du document, sélectionner ou désélectionner l'option **Utiliser le format d'épreuve** (disponible uniquement pour les formats PDF, EPS, DCS 1.0 et DCS 2.0). Cette option convertit les couleurs du document dans l'espace de profil d'épreuve et permet de créer un fichier d'impression.

③ Nommer le document, sélectionner éventuellement d'autres options d'enregistrement, puis cliquer sur **Enregistrer**.

2.11. Exemple : Processus de calibration pour l'écran et une imprimante à jet d'encre

Cet exercice a comme objectif de calibrer une chaîne de base pour obtenir une impression de qualité sur une imprimante à jet d'encre (par exemple : stylus photo 950) (fig.5.21).

Fig.5.21

Les étapes sont les suivantes :

1. Créer un profil pour le moniteur.

La création d'un profil de moniteur peut se faire à l'aide d'Adobe Gamma sous Windows (fig.5.22), ColorSync sur Mac OS 9.x, de l'assistant d'étalonnage de l'affichage (Display Calibrator) dans Mac OS X, ou de tout autre matériel d'étalonnage. Le profil de moniteur décrit le comportement du moniteur et permet à Photoshop d'afficher les couleurs avec précision.

2. Définir les couleurs par défaut de Photoshop.

Choisir le comportement de Photoshop en fonction des profils incorporés dans les images ouvertes : **Edition** › **Couleurs** (ou Photoshop › Couleurs, sur Mac OS X) (fig.5.23).

Choisir **Adobe RVB** (1998) dans le menu déroulant **RVB** dans la section **Espaces de travail**.

Choisir **Conserver les profils incorporés** dans le menu déroulant **RVB** dans la section **Règles de gestion des couleurs**, puis sélectionner **Choix à l'ouverture** pour les profils non concordants et les profils manquants.

Les options affichées dans Photoshop à l'ouverture d'une image dépendent du choix effectué dans la section des règles de la boîte de dialogue Couleurs. Lorsque l'on choisit **Conserver les profils incorporés**, Photoshop conserve le profil incorporé s'il est différent du profil de l' espace de travail (Adobe RVB (1998)). L'option **Choix à l'ouverture** permet de modifier le profil affecté à chaque image qui ne contient pas le profil d'espace de travail précédemment sélectionné. Si l'on ouvre principalement des images provenant d'un appareil photo ou d'un scanner incorporant un profil, on préférera utiliser le profil incorporé plutôt que le profil d'espace de travail sélectionné dans Photoshop.

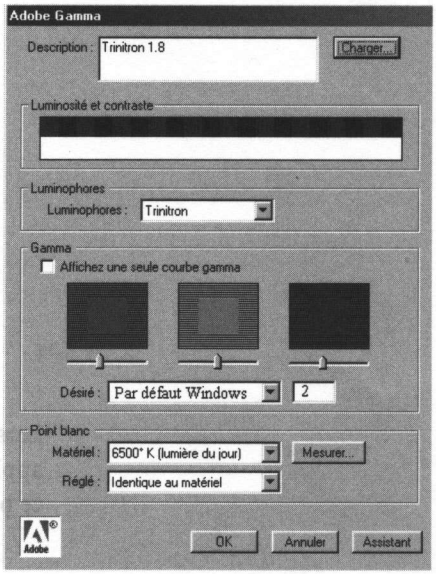


Fig.5.22

3. Enregistrer le profil dans l'image.

Pour enregistrer une image, choisir **Fichier** › **Enregistrer sous** et sélectionner dans la section Couleur :

Profil ICC : [profil personnalisé] (Windows) (fig.5.24)

ou

Incorporer le profil de couleur : [profil personnalisé] (Mac OS).

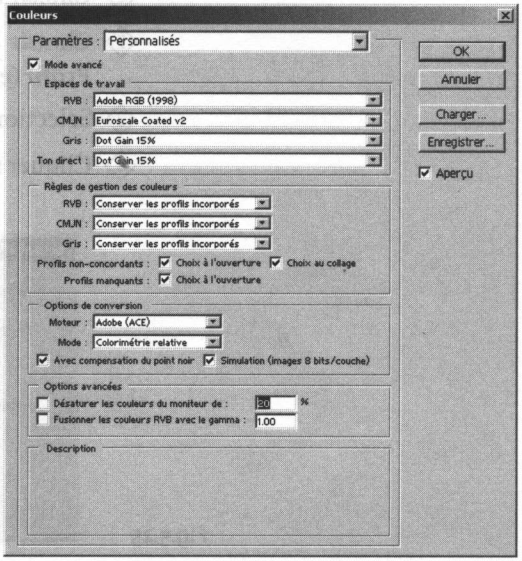


Fig.5.23

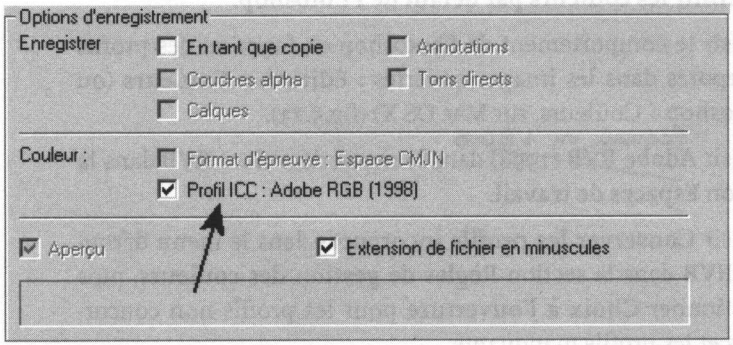


Fig.5.24

Lorsque l'on enregistre un profil, on l'incorpore à l'image, permettant aux applications qui utilisent la gestion des couleurs d'interpréter et d'utiliser ce profil dans leur reproduction des couleurs.

4. Réaliser une épreuve-écran de l'image.

Les opérations sont les suivantes (fig.5.25) :

① Choisir **Affichage** › **Format d'épreuve** › **Personnalisé**.

② Choisir le profil d'imprimante personnalisé dans le menu déroulant **Profil** (exemple : Stylus Photo 950).

③ Sélectionner **Aperçu** pour observer la conversion à l'écran.

④ Cliquer sur **OK**.

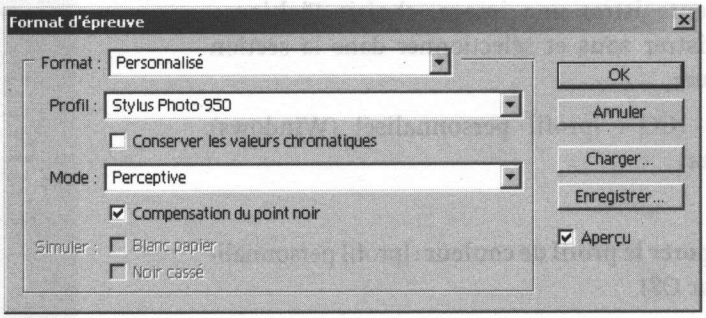


Fig.5.25

Il est possible d'activer/désactiver la fonction d'épreuve-écran au cours du travail en choisissant **Affichage** > **Couleurs d'épreuve**. Cette fonction permet de visualiser à l'écran l'aspect de l'image une fois imprimée.

L'épreuve-écran dépend de plusieurs paramètres du pilote d'imprimante. Ainsi à l'aide du profil personnalisé, l'épreuve-écran affiche l'image avec les conditions d'encre et de support définies lors de l'impression de la page de test du profil. Si l'on modifie un paramètre du pilote d'imprimante, la couleur obtenue risque de ne pas correspondre à la couleur recherchée.

5. Imprimer l'image.

Les étapes sont les suivantes (fig.5.26) :

① Choisir **Fichier** > **Imprimer avec aperçu**.

② Cocher l'option **Afficher plus d'options**.

③ Choisir **Gestion des couleurs** dans le menu déroulant situé directement au-dessous de **Afficher plus d'options**.

④ Cliquer sur **Document** dans **Espace source** pour définir le profil associé à l'image comme le profil source pour la conversion des couleurs vers l'espace colorimétrique de l'imprimante. Pour l'option **Espace d'impression**, choisir le profil d'imprimante personnalisé.

⑤ Choisir **Perception** pour le mode de rendu et cliquer sur **Imprimer**. Si le résultat est inattendu, choisir **Colorimétrie relative** pour le mode de rendu.

⑥ Vérifier la désactivation de la fonction de gestion des couleurs dans le pilote d'imprimante. Pour cela, rechercher le bouton des **paramètres avancés** dans le pilote d'imprimante (fig.5.27), ou l'onglet contenant **l'option de gestion** des couleurs ou de réglage de la couleur. Si l'on ne désactive pas l'option de gestion des couleurs du pilote d'imprimante, on utilise deux systèmes de gestion des couleurs ; cela double les modifications apportées à l'image et risque d'altérer la couleur imprimée.

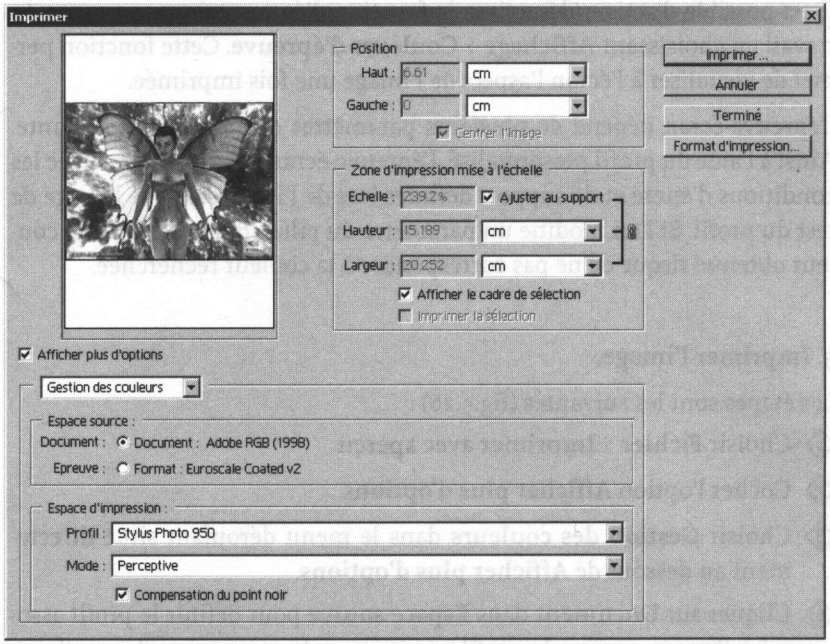
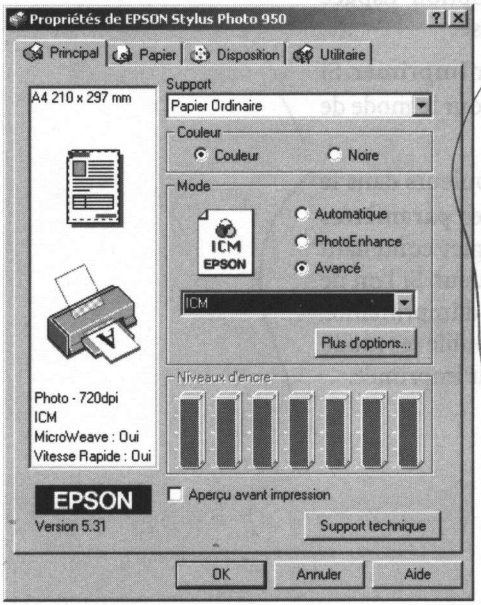


Fig.5.27

Fig.5.26



REMARQUE

Il existe de nombreuses sociétés en Europe et aux Etats-Unis qui sont spécialisées dans la création de profils personnalisés. On peut citer, entre autres, Profile City (www.profilecity.com), Inkjet Mall (*www.inkjetmall.com*), Chromix (*www.chromix.com*) (fig.5.28), Pixl (*www.pixl.dk*), Artoris (*www.artoris.com*). Faire appel à ces sociétés permet de faire l'économie de l'achat d'un spectrophotomètre pour l'analyse des chartes d'imprimante. Il suffit de télécharger les chartes sur les sites respectifs, de les imprimer et de les renvoyer. Les profils sont ensuite envoyés par courrier électronique.

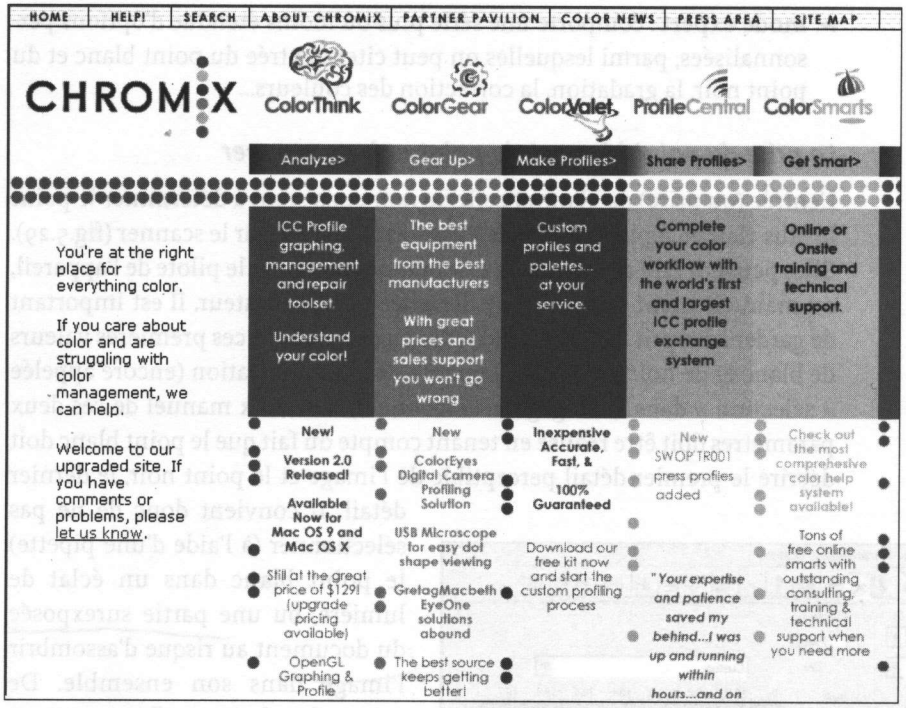


Fig.5.28

3. Le réglage des couleurs et des tonalités

Photoshop fournit un ensemble de commandes et de fonctionnalités permettant le réglage de la qualité des tons et de la balance des couleurs des images. Certaines opérations peuvent aussi être réalisées lors de la numérisation.

3.1. Les réglages lors de la numérisation

La plupart des scanners à plat disposent de pilotes qui offrent deux modes d'utilisation :

- **mode standard** : les réglages manuels sont réduits à leur plus simple expression (cadrage, taille, résolution...) et le reste est tout simplement mis en œuvre automatiquement par le pilote de l'appareil ;

- **mode expert** : comporte une série plus ou moins étendue d'options personnalisées, parmi lesquelles on peut citer l'entrée du point blanc et du point noir, la gradation, la correction des couleurs...

La prise du point blanc et du point noir au scanner

L'entrée (ou prise) de blanc et celle de noir consistent à déterminer le point le plus clair et le plus sombre de l'image numérisée par le scanner (fig.5.29). Elles peuvent être déterminées automatiquement par le pilote de l'appareil, ou manuellement sur une zone désignée par l'utilisateur. Il est important de garder à l'esprit que du choix, judicieux ou non, de ces premières valeurs de blanc et de noir dépendra la qualité de la numérisation (encore appelée « sélection » dans le langage professionnel). Le choix manuel de ces deux paramètres doit être réalisé en tenant compte du fait que le point blanc doit décrire le premier détail perceptible de l'image et le point noir, le dernier détail. Il convient donc de ne pas sélectionner (à l'aide d'une pipette) le point blanc dans un éclat de lumière, ou une partie surexposée du document au risque d'assombrir l'image dans son ensemble. De même, il ne faut pas sélectionner un blanc dans une zone trop dense du document au risque de « crever » les premiers détails (ou blancs inférieurs) de l'image. Pour le point noir, il est conseillé de ne pas sélectionner un point noir trop clair au départ car cela risque de « boucher » les zones d'ombres.

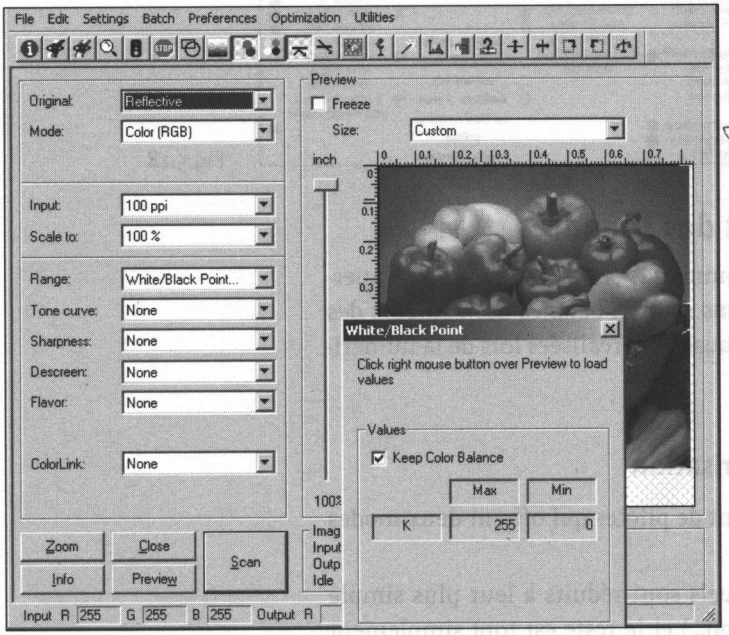


Fig.5.29

La modification tonale ou gradation

La gradation est la deuxième opération disponible pour améliorer l'image lors de la numérisation (fig.5.30). Elle permet de modifier la répartition globale des tonalités dans une image. Une gradation trop faible aura pour effet de pâlir l'image dans son ensemble tandis qu'une gradation trop forte fera l'inverse. Les modifications de gradation s'effectuent à l'aide d'une courbe qu'il est possible de déformer en créant et en déplaçant des points-pivots .

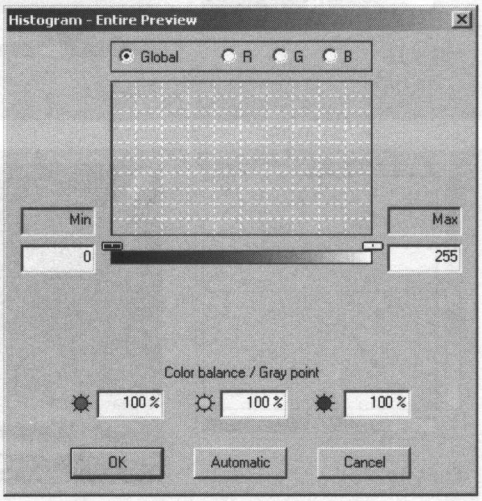


Fig.5.30

Suivant l'endroit où l'on place les différents points-pivots et l'amplitude de la déformation de la courbe, il est possible de contrôler avec précision l'ambiance globale de l'image. Les cas suivants peuvent se présenter :

- **Courbe droite** : l'image de base (fig.5.31-5.32).
- **Courbe concave** : on assiste à une diminution de la densité visuelle de l'image (fig.5.33-5.34).
- **Courbe convexe** : on assiste à une augmentation de la densité visuelle de l'image (fig.5.35-5.36).
- **Courbe en S** : on assiste à une diminution des valeurs dans les hautes lumières et à une accentuation des valeurs dans les zones d'ombres de l'image (fig.5.37-5.38).

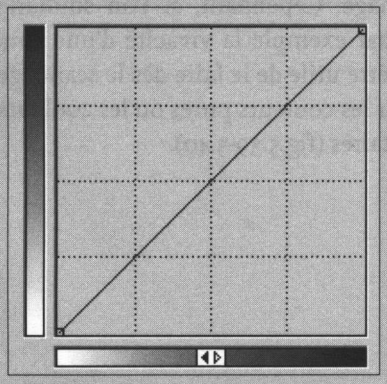


Fig.5.31

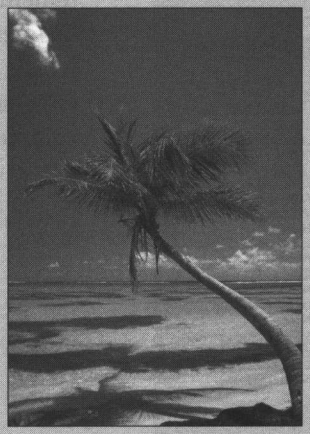


Fig.5.32

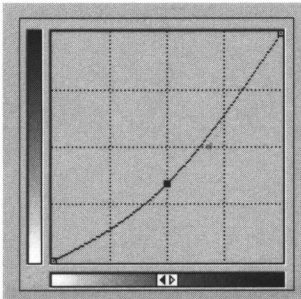


Fig.5.33

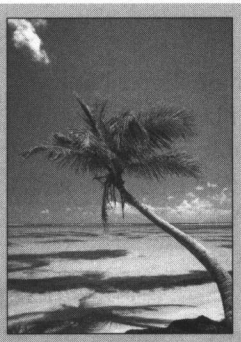


Fig.5.34

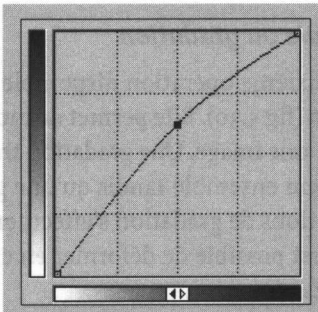


Fig.5.35

Fig.5.36

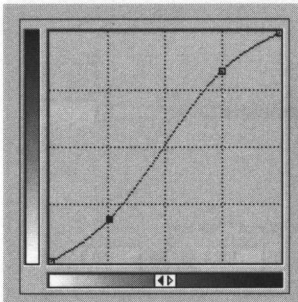


Fig.5.37

Fig.5.38

Il est aussi possible d'agir séparément sur les courbes tonales des quatre couleurs primaires afin de modifier une dominante indésirable par exemple.

Les corrections de couleurs

Elles constituent habituellement la dernière étape lors du scannage d'un document. Cette étape n'est pas toujours indispensable car elle peut facilement se faire dans le logiciel de traitement d'image. Cependant, si l'on souhaite augmenter par exemple la vivacité d'une couleur, il peut être utile de le faire dès le scannage en jouant sur les couleurs pures ou les couleurs complémentaires (fig.5.39-5.40).

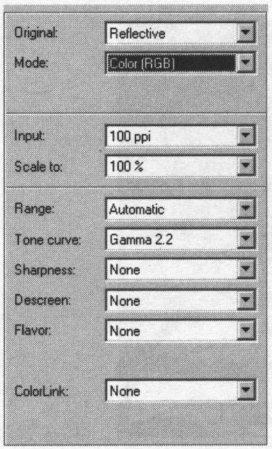


Fig.5.39

3.2. Les réglages dans Photoshop

Les différents réglages des couleurs et des tonalités ne doivent pas obligatoirement s'effectuer lors de la numérisation des documents. De plus, certains documents fournis sont déjà numérisés. Photoshop dispose à cet effet d'une série d'outils de traitement de la couleur, parmi lesquels on peut citer :

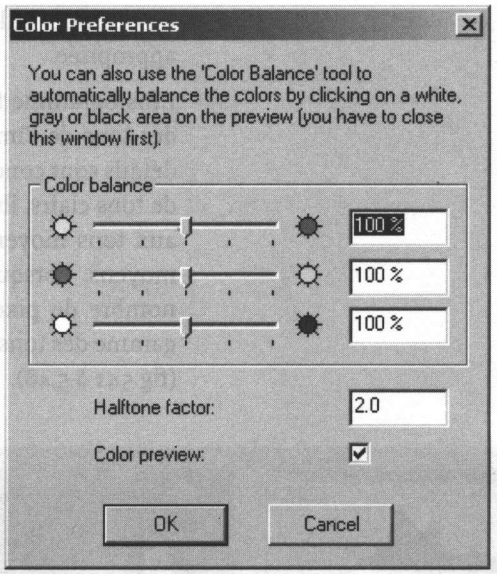


Fig.5.40

- **La fonction Histogramme** : permet de contrôler la qualité et la gamme des tons d'une image numérisée.
- **La fonction Variantes** : permet de corriger visuellement les dominantes colorées.
- **La fonction Courbes** : permet de régler finement la tonalité d'une image.
- **La fonction Niveaux** : permet de définir les tons clairs, foncés et moyens d'une image.
- **La fonction Balance des couleurs** : permet de supprimer toute dominante de couleur indésirable ou de corriger des couleurs sur/sous-saturées.
- **La fonction Remplacement de couleur** : permet de remplacer une couleur par une autre.

L'histogramme

Avant de procéder à des réglages, il est utile d'observer l'histogramme de l'image pour déterminer si l'image dispose du niveau de détail suffisant pour une sortie de haute qualité. Plus la plage de valeurs dans l'histogramme est élevée, plus le niveau de détail est fin. Il peut être difficile, voire impossible, de corriger des images numérisées et des photographies dont le niveau de détail est faible.

Un histogramme est un graphe qui représente la répartition des pixels dans une image en fonction des différents niveaux d'intensité de couleur. Il permet de se rendre compte si l'image dispose d'un niveau de détail suffisant sur les tons foncés (partie gauche de l'histogramme), les tons moyens (par-

tie centrale) et les tons clairs (partie droite) pour effectuer une correction appropriée.

L'histogramme fournit également une représentation rapide de la gamme des tons de l'image. Pour une image à prédominance de tons foncés, les détails sont concentrés sur les tons foncés. Pour une image à prédominance de tons clairs, ils sont concentrés sur les tons clairs. Enfin, pour une image aux tons moyens prédominants, les détails sont concentrés sur les tons moyens. Lorsqu'une image dispose d'une gamme de tons complète, le nombre de pixels est élevé dans toutes les zones. L'identification de la gamme des tons facilite la détermination des corrections tonales adéquates (fig.541 à 5.48).

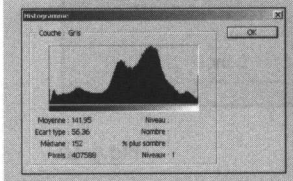


Fig.5.41

Pixels répartis entre les tons clairs et foncés

Fig.5.42

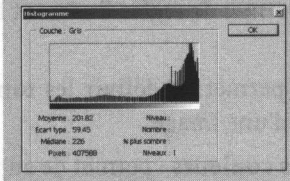


Fig.5.43

Pic de pixels à droite. Image surexposée

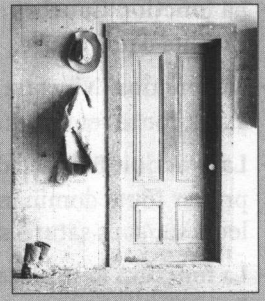


Fig.5.44

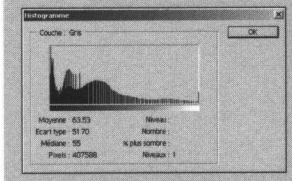


Fig.5.45

Pic de pixels à gauche. Image sous-exposée

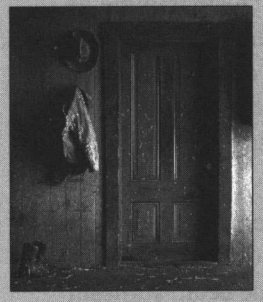


Fig.5.46

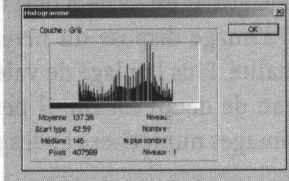


Fig.5.47

Pixels concentrés au centre. Image peu contrastée

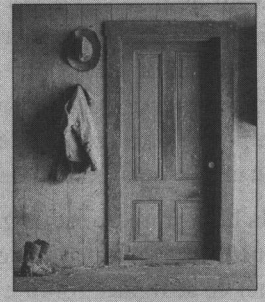


Fig.5.48

Pour afficher l'histogramme d'une image :

① Pour afficher les données d'histogramme d'une portion de l'image, il faut sélectionner d'abord la portion voulue. Par défaut, l'histogramme affiche la gamme des tons de la totalité de l'image.

② Choisir Image › Histogramme.
L'axe horizontal de l'histogramme représente les valeurs d'intensité, ou niveaux, du plus foncé (0) à l'extrême gauche jusqu'au plus lumineux (255) à l'extrême droite ; l'axe vertical représente le nombre total de pixels avec une valeur donnée (fig.5.49).

③ Pour les images RVB, CMJN et à couleurs indexées, sélectionner une option dans le menu Couche. Il est possible d'afficher la luminance de la couche composite (luminosité) ou les valeurs d'intensité d'une couche individuelle.

④ Pour afficher des informations sur un point spécifique de l'histogramme, placer le pointeur dessus.

⑤ Pour afficher des informations sur une plage de valeurs, il faut glisser l'histogramme pour mettre la plage en surbrillance (fig.5.50).

⑥ Cliquer sur OK pour fermer l'histogramme.

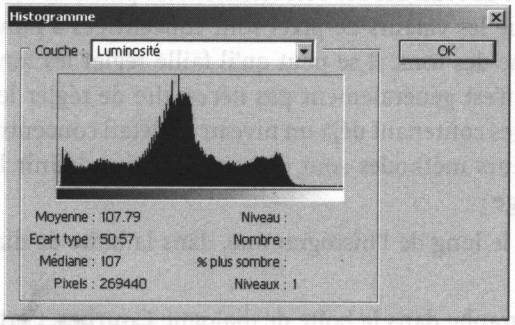


Fig.5.49

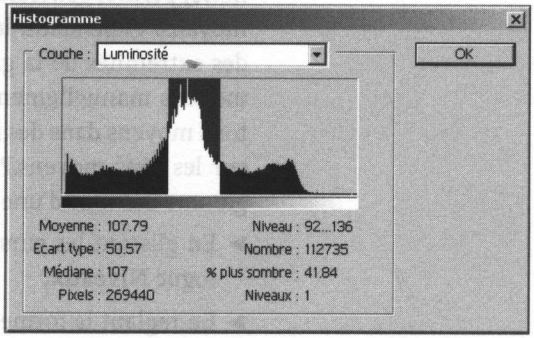


Fig.5.50

Des informations statistiques relatives aux valeurs d'intensité des pixels s'affichent sous l'histogramme :

- **Moyenne** : indique la valeur d'intensité moyenne.
- **Ecart-type** : indique l'amplitude de variation des valeurs d'intensité.
- **Médiane** : affiche la valeur médiane de la plage de valeurs d'intensité.
- **Pixels** : représente le nombre total de pixels servant à calculer l'histogramme.
- **Niveau** : affiche le niveau d'intensité de la zone située sous le pointeur.
- **Nombre** : indique le nombre total de pixels correspondant au niveau d'intensité sous le pointeur.
- **% plus sombre** : affiche le nombre cumulé de pixels au niveau indiqué par le pointeur ou en dessous. Cette valeur est exprimée en pourcentage de tous les pixels de l'image, de 0 % à l'extrême gauche à 100 % à l'extrême droite.
- **Niveaux** : indique le paramètre de la mémoire cache de l'image.

La définition des points blancs et noirs

La définition des tons clairs et foncés (ou définition des points blancs et noirs) permet généralement de redistribuer correctement les pixels de tons moyens. Cependant, lorsque les valeurs de pixel sont concentrées à l'une des extrémités de la gamme des tons, il se peut qu'il faille régler les tons moyens manuellement. Il n'est généralement pas nécessaire de régler les tons moyens dans des images contenant déjà un niveau de détail concentré sur les tons moyens.Plusieurs méthodes sont disponibles pour définir la gamme des tons d'une image :

- En glissant les curseurs le long de l'histogramme, dans la boîte de dialogue **Niveaux.**
- En réglant la forme du graphe dans la boîte de dialogue **Courbes**. Cette méthode permet de régler tout point le long d'une plage de tons comprise entre 0 et 255 et de mieux définir la qualité de tons d'une image.
- En attribuant des valeurs cibles aux pixels de tons clairs et foncés à l'aide des boîtes de dialogue **Niveaux** ou **Courbes**. Cette méthode est utile pour les images destinées à l'impression sur presse.

Les modifications apportées à l'image par les fonctions **Niveaux** et **Courbes** peuvent être définitives ou non en fonction du choix de l'une ou l'autre méthode suivante :

- **Modification permanente** : choisir la commande dans le menu Image > Réglages > Niveaux ou Courbes. Cette méthode modifie définitivement les pixels du calque actif.
- **Méthode non permanente** : utiliser un calque de réglage. Les calques de réglage permettent de faire des essais de réglage de couleurs et de tons sans modifier de façon permanente les pixels de l'image. Les changements de couleur et de ton résident sur le calque de réglage, qui agit comme un voile laissant transparaître les autres calques de l'image. Pour cela, il convient de sélectionner Calque > Nouveau calque de réglage > Niveaux ou Courbes. Donner ensuite un nom au calque (fig.5.51).

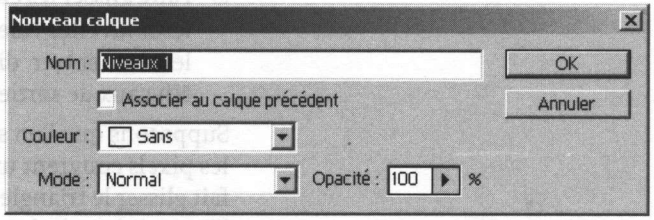


Fig.5.51

L'utilisation de la fonction Niveaux pour définir les tons clairs, foncés et moyens

Il est possible de définir les tons clairs et les tons foncés d'une image en déplaçant les curseurs d'entrée sur le premier groupe de pixels à chaque extrémité de l'histogramme Niveaux. Cela permet de mettre en correspondance ces pixels (les plus foncés et les plus clairs dans chaque couche) avec le noir et le blanc, ce qui augmente la gamme des tons de l'image.

Pour régler la gamme de tons à l'aide des niveaux :

1. Ouvrir la boîte de dialogue **Niveaux** par l'une des méthodes abordées précédemment.
2. Pour régler les tons d'une couche de couleur spécifique, sélectionner une option dans le menu **Couche**. Pour modifier une combinaison de couches de couleur en même temps, maintenir la touche Maj enfoncée et sélectionner les couches dans la palette Couches avant de choisir la commande Niveaux.

③ Pour régler manuellement les tons foncés et les tons clairs, utiliser l'une des méthodes suivantes :

- Faire glisser les curseurs Niveaux d'entrée noir et blanc à la limite du premier groupe de pixels à l'une des extrémités de l'histogramme. On peut également entrer directement des valeurs dans la première et la troisième zone de texte Niveaux d'entrée.
- Faire glisser les curseurs Niveaux de sortie noir et blanc pour définir les nouvelles valeurs des tons foncés et des tons clairs. On peut également entrer directement des valeurs dans les zones de texte Niveaux de sortie.

Supposons que l'on souhaite augmenter le contraste d'une image dont les pixels couvrent une plage restreinte de 0 à 224 (fig.5.52-5.53). Si l'on fait glisser le triangle blanc des niveaux d'entrée sur 224, les pixels dont l'intensité est égale ou supérieure à 224 (sur chaque couche de l'image) sont mis en correspondance avec la valeur 255 ; les pixels dont l'intensité est inférieure sont mis en correspondance avec les valeurs plus claires correspondantes. Cette nouvelle mise en correspondance éclaircit l'image, le contraste étant plus marqué dans les zones de tons clairs (fig.5.54-5.55).

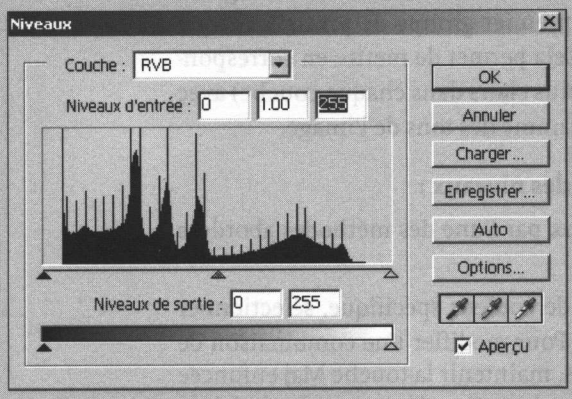


Fig.5.52

Fig.5.53

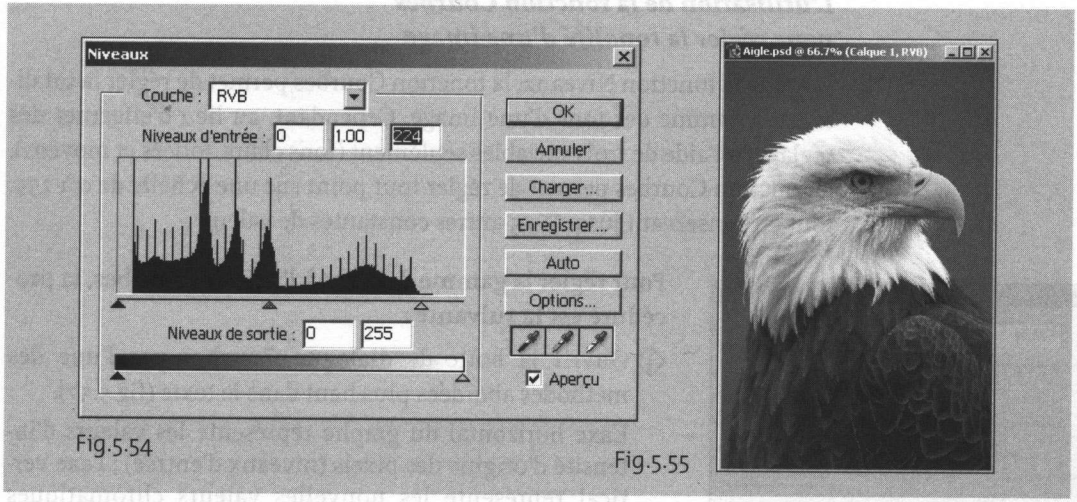


Fig.5.54

Fig.5.55

④ Pour régler automatiquement les tons foncés et les tons clairs, cliquer sur **Auto**. Dans Photoshop, en cliquant sur **Auto**, on applique les paramètres définis dans la boîte de dialogue **Options de correction colorimétrique automatique**.

⑤ Si des corrections de tons moyens sont nécessaires dans l'image, il faut utiliser le curseur d'entrée de niveaux de gris (fig.5.56). Faire glisser le curseur vers la droite pour foncer les tons moyens et vers la gauche pour les éclaircir. Il est également possible d'entrer des valeurs directement dans la zone de texte **Niveaux d'entrée** du milieu.

⑥ Si Cliquez sur OK.

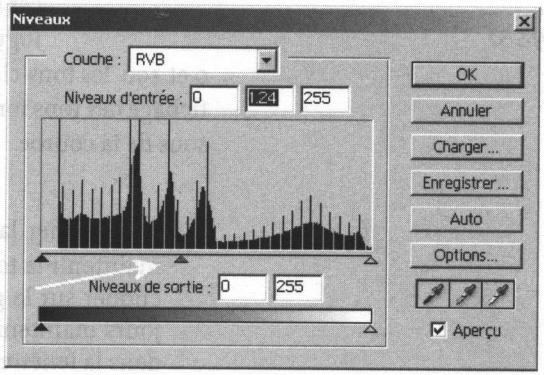


Fig.5.56

L'utilisation de la fonction Courbes pour régler la tonalité d'une image

Comme la fonction Niveaux, la fonction Courbes permet de régler la totalité de la gamme des tons d'une image. Cependant, au lieu d'effectuer des réglages à l'aide de trois variables seulement (tons clairs, foncés et moyens), la fonction Courbes permet de régler tout point sur une échelle de 0 à 255, tout en conservant jusqu'à 15 autres constantes de valeur.

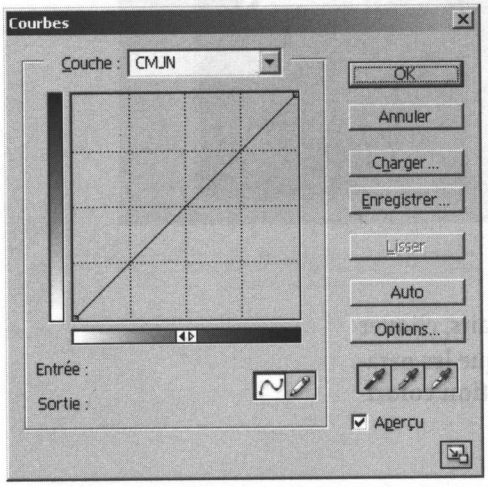


Fig.5.57

Pour régler la gamme des tons à l'aide des courbes, la procédure est la suivante :

① Ouvrir la boîte de dialogue **Courbes** par l'une des méthodes abordées plus haut dans le texte (fig.5.57).

L'axe horizontal du graphe représente les valeurs d'intensité d'origine des pixels (niveaux d'entrée) ; l'axe vertical représente les nouvelles valeurs chromatiques (niveaux de sortie). Sur la diagonale par défaut, tous les pixels ont des valeurs d'entrée et de sortie identiques.

REMARQUE

Pour les images RVB, la boîte de dialogue Courbes affiche des valeurs d'intensité comprises entre 0 et 255, les tons foncés (0) étant à gauche. Pour les images CMJN, la boîte de dialogue Courbes affiche des pourcentages compris entre 0 et 100, les tons clairs (0) étant à gauche. Pour inverser à tout moment l'affichage des tons foncés et des tons clairs, cliquer sur la double flèche au-dessous de la courbe.

② Pour affiner la grille de la boîte de dialogue Couches, il convient de maintenir la touche Alt (Windows) ou Option (Mac OS) enfoncée et de cliquer sur la grille (fig.5.58). Pour agrandir le quadrillage, il faut toujours maintenir la touche Alt/Option enfoncée et cliquer de nouveau dans la fenêtre.

③ Pour modifier l'allure de la courbe, il convient d'ajouter au préalable des points de contrôle en cliquant simplement sur la courbe (fig.5.59). Pour définir des parties sur la courbe qui doivent rester fixes, il suffit de cliquer sur la courbe pour délimiter les tronçons. Par exemple, pour régler les tons moyens tout en minimisant l'effet sur les tons clairs et les tons foncés, cliquer sur les points au quart et aux trois quarts de la courbe.

Il est possible d'ajouter jusqu'à 14 points de contrôle sur la courbe en verrouillant ces valeurs. Pour supprimer un point de contrôle, il suffit de le sélectionner et d'appuyer sur la touche Suppr, ou maintenir la touche Ctrl (Windows) ou Commande (Mac OS) enfoncée et de cliquer dessus.

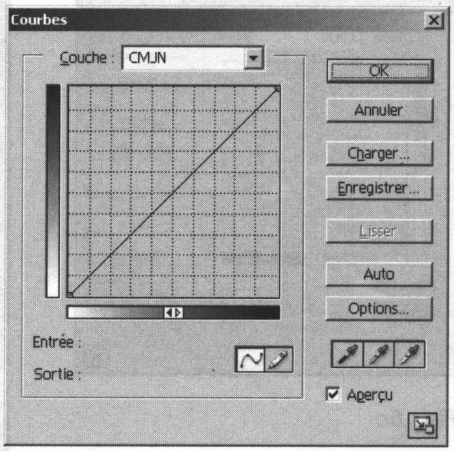


Fig.5.58

④ Pour régler la courbe, il suffit d'utiliser l'une des méthodes suivantes (fig.5.60-5.61-5.62) :

- ☐ Faire glisser la courbe jusqu'à ce que l'image présente l'aspect recherché.
- ☐ Cliquer sur un point de la courbe et entrer les valeurs Entrée et Sortie pour ce point.
- ☐ Sélectionner le crayon en bas de la boîte de dialogue et le glisser pour tracer une nouvelle courbe.
- ☐ Cliquer sur Auto pour régler l'image selon les paramètres définis dans la boîte de dialogue Options de correction colorimétrique automatique.

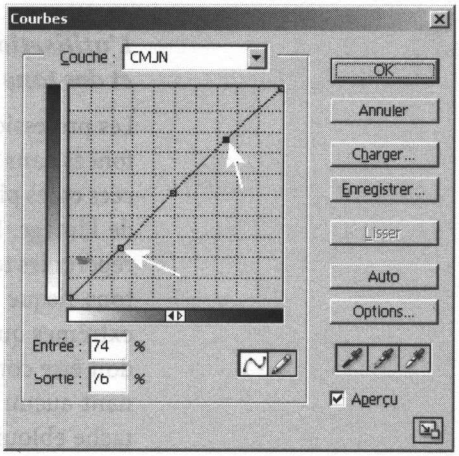


Fig.5.59

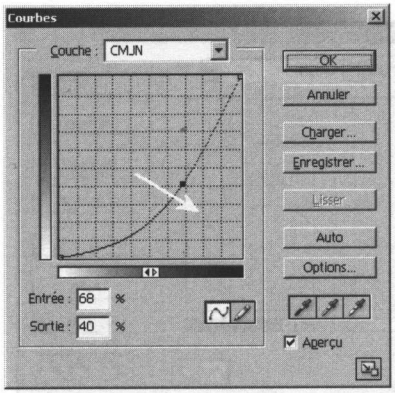


Fig.5.60

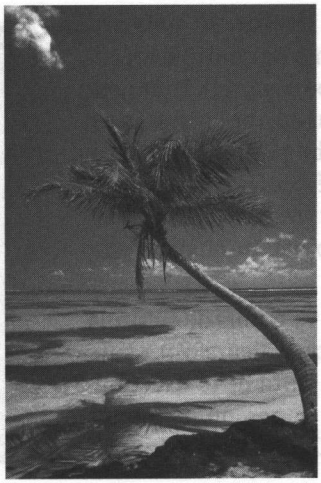


Fig.5.61

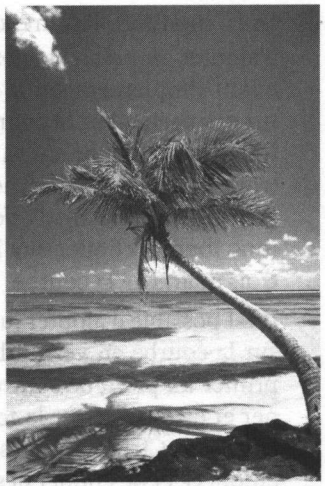


Fig.5.62

L'utilisation des valeurs cibles pour définir des tons clairs et des tons foncés

Les professionnels de la couleur définissent généralement les tons clairs et foncés dans une image en attribuant les valeurs d'encre CMJN les plus foncées et les plus claires aux zones de détail les plus foncées et les plus claires de l'image. Lorsque l'on identifie ces zones de détail, il est important de repérer les tons clairs et les tons foncés représentatifs. Sinon, la gamme des tons risque d'être inutilement étendue et d'inclure des valeurs de pixel extrêmes qui ne traduisent pas le détail de l'image. Une zone à tons clairs doit être constituée d'un ton clair imprimable et non d'un blanc ne contenant aucun détail (encore appelé « blanc spéculaire »). Par exemple, une tache éblouissante correspond à du blanc spéculaire et non à un ton clair imprimable.

Pour définir des tons clairs et des tons foncés en utilisant des valeurs cibles, la procédure est la suivante :

1. Sélectionner l'outil **Pipette** et sélectionner Moyenne 3 X 3 dans le menu **Taille** des options de l'outil Pipette (fig.5.63). On a ainsi la garantie que l'échantillon est représentatif d'une zone au lieu de correspondre uniquement à la valeur d'un seul pixel de trame.

② Ouvrir la boîte de dialogue **Niveaux** ou **Courbes**. Lorsque l'on ouvre l'une de ces boîtes, par exemple **Niveaux**, l'outil Pipette est toujours activé hors de la boîte de dialogue.

③ Déplacer le pointeur sur l'image et observer la palette **Infos** pour repérer les zones les plus claires et les plus foncées (fig.5.64).

④ Cliquer deux fois sur l'outil **Pipette Point blanc** dans la boîte de dialogue **Niveaux** (ou Courbes) pour afficher le sélecteur de couleur. Entrer les valeurs à attribuer à la zone la plus claire de l'image et cliquer sur OK.

⑤ Cliquer deux fois sur l'outil **Pipette Point noir** dans la boîte de dialogue **Niveaux** (ou Courbes) pour afficher le sélecteur de couleur. Entrer les valeurs chromatiques à attribuer à la zone la plus foncée de l'image et cliquer sur OK (fig.5.65-5.66).

⑥ Cliquer sur OK pour refermer la boîte de dialogue.

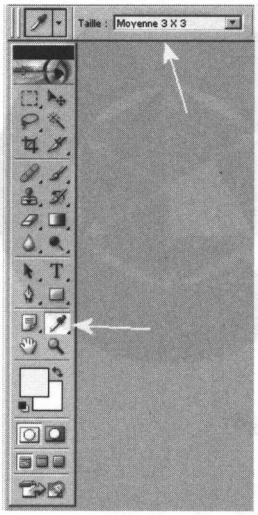


Fig.5.63

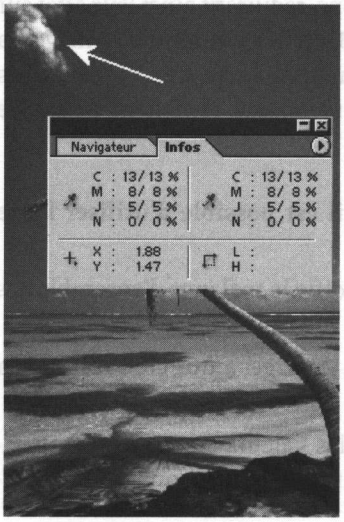


Fig.5.64

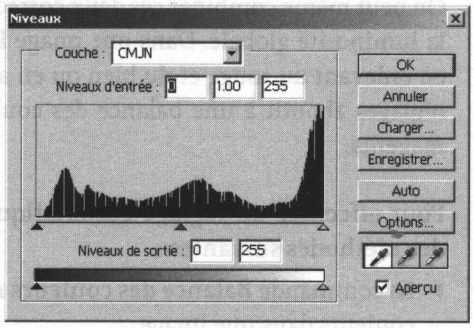


Fig.5.65

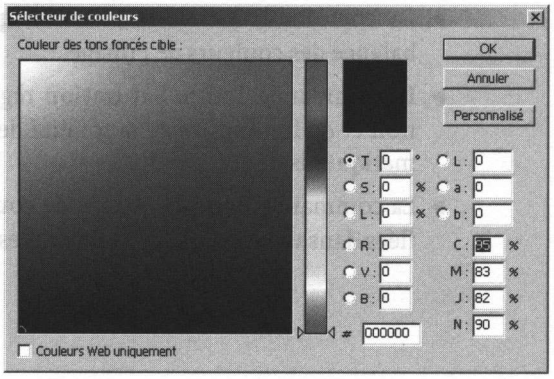


Fig.5.66

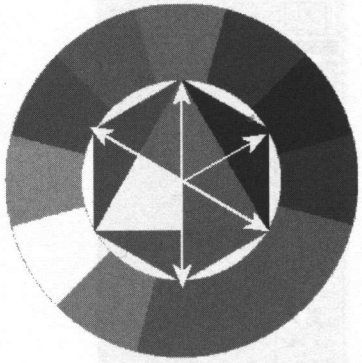


Fig.5.67

Le réglage de la balance des couleurs

Une fois la gamme des tons corrigée, il peut être utile de régler la balance des couleurs afin de supprimer toute dominante de couleur indésirable ou corriger des couleurs sur/sous-saturées. Il est conseillé de se référer à la roue chromatique pour déterminer les réglages à effectuer. En effet, la roue chromatique (fig.5.67) permet de prévoir l'effet d'une modification d'une composante de couleur sur les autres couleurs et les correspondances des modifications entre les modes RVB et CMJN.

Par exemple, on peut réduire la quantité d'une couleur donnée dans une image en augmentant la quantité de son opposé sur la roue chromatique et vice-versa. De même, on peut augmenter et diminuer la quantité d'une couleur en réglant les deux couleurs adjacentes sur la roue chromatique, voire en réglant les deux couleurs adjacentes à son opposé.

Dans une image CMJN, on peut diminuer le magenta en réduisant sa quantité ou bien sa couleur complémentaire (en ajoutant du cyan et du jaune). On peut même combiner ces deux corrections, réduisant ainsi leur effet sur la luminosité globale. Dans une image RVB, on peut diminuer le magenta en enlevant du rouge et du bleu ou en ajoutant du vert. L'ensemble de ces réglages aboutit à une balance des couleurs globale contenant moins de magenta.

Pour effectuer un réglage chromatique, il est possible d'utiliser l'une des méthodes suivantes :

- La commande **Balance des couleurs** modifie le mélange d'ensemble des couleurs dans une image.
- La commande **Couleur automatique** corrige automatiquement la balance des couleurs de l'image.
- La commande **Teinte/Saturation** règle les valeurs de teinte, de saturation et de luminosité de la totalité de l'image ou de composantes chromatiques isolées.
- La commande **Remplacement de couleur** remplace des couleurs spécifiées dans une image par de nouvelles valeurs chromatiques.

- La commande **Correction sélective** est une méthode de correction chromatique haut de gamme qui règle la quantité de couleurs quadri dans des composantes chromatiques isolées.
- La boîte de dialogue **Niveaux** ou **Courbes** permet de régler la balance des couleurs en paramétrant la répartition des pixels pour des couches de couleur individuelles.
- La technique de **fusion des couleurs** à partir de couches différentes peut également produire des réglages de couleur.
- L'utilisation du filtre **Accentuation** permet de renforcer la netteté des contours dans l'image. Elle aide à restaurer la netteté des images ayant subi un rééchantillonnage à la suite des réglages des tonalités.

Pour utiliser la commande Balance des couleurs, la procédure est la suivante :

① Vérifier que la couche composite est sélectionnée dans la palette **Couches** (fig.5.68). Cette commande est disponible uniquement lors de l'affichage de la couche composite.

② Ouvrir la boîte de dialogue Balance des couleurs par **Image** > **Réglages** > **Balance des couleurs** (fig.5.69).

③ Sélectionner **Tons foncés**, **Tons moyens** ou **Tons clairs** pour sélectionner la gamme des tons sur laquelle concentrer les modifications.

④ Sélectionner **Conserver la luminosité** pour empêcher la modification des valeurs de luminosité dans l'image lors de la modification de couleur. Cette option permet de conserver la balance des tons dans l'image.

⑤ Glisser le curseur vers une couleur que l'on souhaite augmenter dans l'image. Pour la réduire, il convient de glisser le curseur dans la direction opposée.

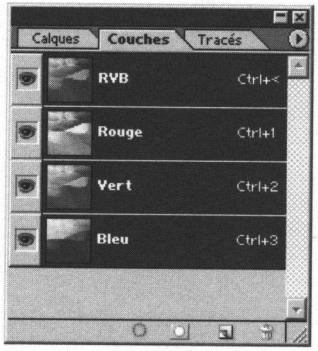


Fig.5.68

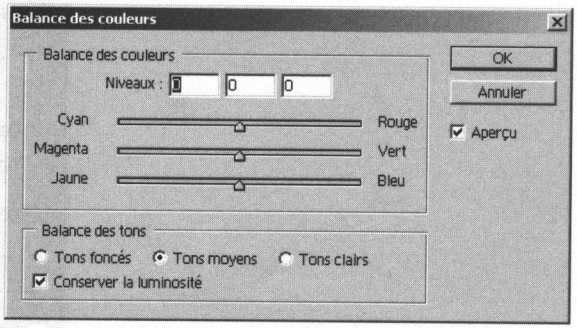


Fig.5.69

Pour utiliser la commande Couleur automatique, la procédure est la suivante :

Choisir Image > Réglages > Couleur automatique.

La commande **Couleur automatique** règle le contraste et la couleur d'une image en recherchant l'image réelle plutôt que les histogrammes des couches pour les tons foncés, moyens et clairs. Elle neutralise les tons moyens et écrête les pixels blancs et noirs en fonction des valeurs définies dans la boîte de dialogue **Options de correction colorimétrique automatique**, disponible en cliquant sur le bouton **Options** dans la boîte de dialogue **Niveaux** ou **Courbes**.

Les options y sont les suivantes (fig.5.70) :

- Indiquer l'algorithme que Photoshop doit utiliser pour régler la gamme de tons d'ensemble d'une image :
  - **Accentuer le contraste monochrome** : cette option préserve les couleurs tout en accentuant les contrastes (les tons clairs deviennent plus clairs, les tons foncés plus foncés).
  - **Accentuer le contraste par couche** : cette option optimise la gamme des tons de chaque couche pour appliquer une correction plus radicale.

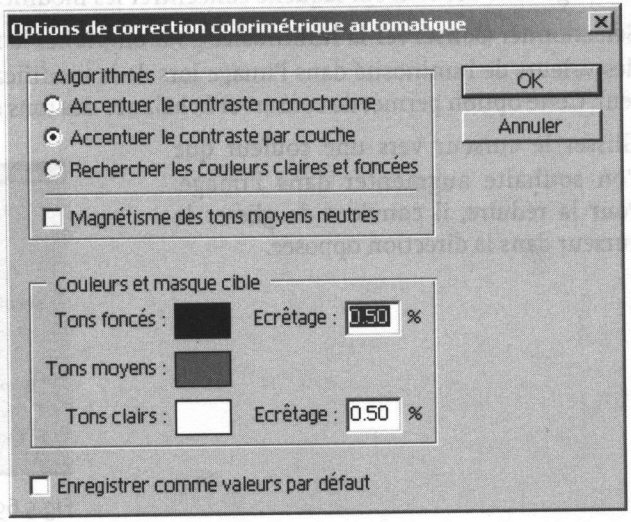


Fig.5.70

- ☐ **Rechercher les couleurs claires et foncées** : cette option recherche les pixels les plus clairs et les plus foncés de l'image et les utilise pour optimiser le contraste, tout en minimisant l'écrêtage.

- ▶ Sélectionner **Magnétisme des tons moyens neutres** pour que Photoshop recherche une couleur presque neutre dans l'image, puis règle les valeurs gamma pour rendre la couleur neutre.
- ▶ Pour définir la quantité de pixels noirs et blancs à supprimer, indiquer des valeurs en pourcentage dans les zones de texte Ecrêtage. Il est recommandé de spécifier une valeur comprise entre 0,5 et 1 %. Par défaut, Photoshop écrête les pixels noirs et blancs de 0,5 % ; en d'autres termes, il ignore les premiers 0,5 % à chaque extrême lors du repérage des pixels les plus clairs et les plus foncés de l'image. Cela garantit que les valeurs noir et blanc sont calculées en fonction de valeurs de pixel représentatives plutôt qu'extrêmes.
- ▶ Pour attribuer des valeurs chromatiques aux zones plus foncées, neutres et plus claires de l'image, cliquez sur un témoin de couleur.

Pour utiliser la commande Teinte/Saturation, la procédure est la suivante :

La commande Teinte/Saturation permet de régler la teinte, la saturation et la luminosité de la totalité de l'image ou de composantes de couleur isolées. Le réglage de la teinte, ou couleur, correspond à un déplacement sur la circonférence de la roue chromatique. Le réglage de la saturation, ou pureté de la couleur, correspond à un déplacement sur le rayon de la roue chromatique (fig.5.71).

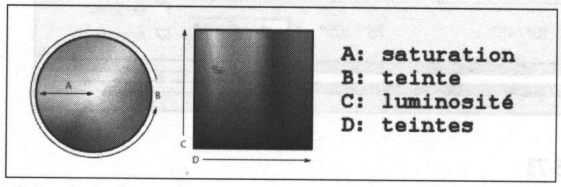


Fig.5.71

Ouvrir la boîte de dialogue **Teinte/Saturation** par **Image** › **Réglages** › **Teinte/Saturation**.

① Les deux bandes de contrôle des couleurs dans la boîte de dialogue (fig.5.72) représentent les couleurs selon leur ordre sur la roue chroma-

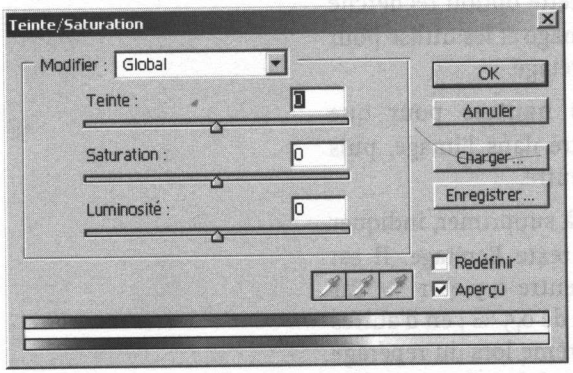


Fig.5.72

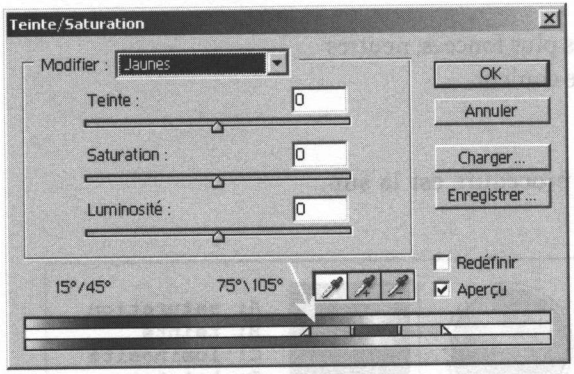


Fig.5.73

tique. La bande de contrôle supérieure indique la couleur avant réglage ; celle du bas montre l'effet du réglage sur toutes les teintes à pleine saturation.

② Dans le menu **Modifier**, sélectionner les couleurs à régler :

- □ Sélectionner **Global** pour régler toutes les couleurs simultanément.
- □ Sélectionner l'une des autres gammes de couleurs prédéfinies répertoriées pour la couleur à régler (par exemple Jaune). Un curseur de réglage s'affiche entre les bandes de contrôle des couleurs et permet de modifier toute gamme de teintes (fig.5.73).

③ Modifier les paramètres de **Teinte**, **Saturation** et **Luminosité** (fig.5.74-5.75-5.76) :

- □ Pour l'option **Teinte**, entrer une valeur ou glisser le curseur jusqu'à ce que les couleurs s'affichent comme on le souhaite.
- □ Pour l'option **Saturation**, entrer une valeur ou glisser le curseur vers la droite pour l'augmenter ou vers la gauche pour la diminuer.
- □ Pour l'option **Luminosité**, entrer une valeur ou glisser le curseur vers la droite pour l'augmenter ou vers la gauche pour la diminuer.

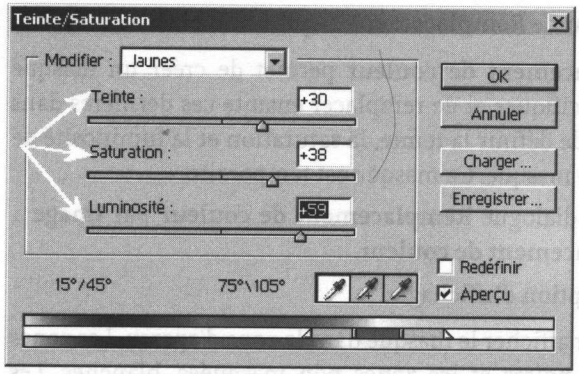


Fig.5.74

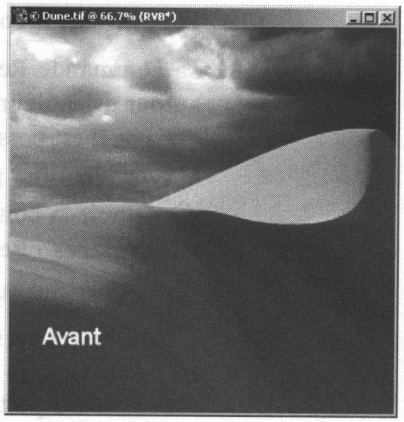


Fig.5.75

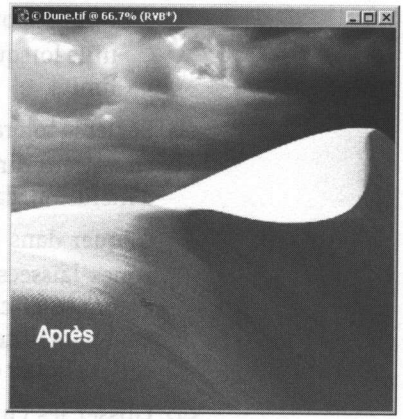


Fig.5.76

Le curseur de réglage situé dans la partie inférieure de la boîte de dialogue peut être modifié par les manipulations suivantes (fig.5.77) :

- Glisser l'un des triangles blancs (A) pour régler la réduction de quantité de couleur sans aucune incidence sur l'étendue.
- Glisser la zone entre le triangle et la barre verticale (B) pour régler l'étendue sans aucune incidence sur la quantité de réduction.
- Glisser la partie centrale (C) pour déplacer entièrement le curseur de réglage, sélectionnant ainsi une zone de couleur différente.
- Glisser l'une des barres blanches verticales (D) en regard de la zone gris foncé pour régler l'étendue de la composante de couleur. Augmenter l'étendue diminue la quantité de réduction et vice-versa.
- Maintenir la touche Ctrl (Windows) ou Commande (Mac OS) enfoncée et glisser la bande de contrôle des couleurs pour placer une couleur différente au centre de la gamme.

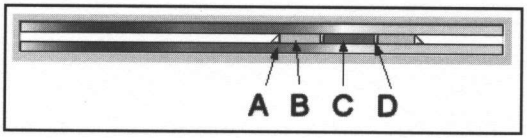


Fig.5.77

Pour utiliser la commande Remplacement, la procédure est la suivante :

La commande **Remplacement de couleur** permet de créer un masque autour de couleurs spécifiques et de remplacer ensuite ces dernières dans l'image. Il est possible de définir la teinte, la saturation et la luminosité de la zone identifiée par le masque. Ce masque est temporaire.

① Ouvrir la boîte de dialogue **Remplacement de couleur** par **Image** › **Réglages** › **Remplacement de couleur.**

② Sélectionner une option d'affichage :

- **Sélection** : pour afficher le masque dans la zone d'aperçu. Les zones masquées sont noires et les zones non masquées, blanches. Les zones partiellement masquées (couvertes d'un masque semi-transparent) s'affichent en différents niveaux de gris, en fonction de leur opacité.
- **Image** : pour afficher l'image dans la zone d'aperçu. Cette option est utile lorsque l'on traite une image agrandie ou que l'espace écran est limité.

③ Régler la tolérance du masque en faisant glisser le curseur **Tolérance** ou en entrant directement une valeur. Cela permet d'augmenter le degré d'inclusion, dans la sélection, des couleurs associées (fig.5.78).

④ Cliquer dans l'image ou dans la zone d'aperçu pour sélectionner les zones laissées à découvert par le masque. Maintenir la touche Maj enfoncée et cliquer ou utiliser le bouton Pipette + pour ajouter des zones ; maintenir la touche Alt (Windows) ou Option (Mac OS) enfoncée et cliquer ou utiliser le bouton Pipette - pour supprimer des zones.

⑤ Glisser les curseurs **Teinte**, **Saturation** et **Luminosité** (ou entrer des valeurs dans les zones de texte) pour modifier la couleur des zones sélectionnées (fig.5.79-5.80).

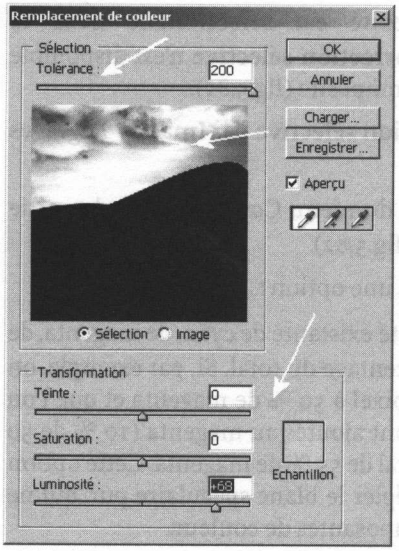


Fig.5.78

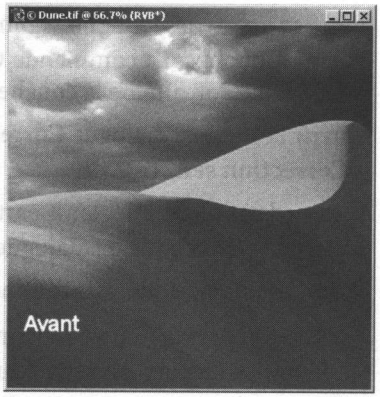


Fig.5.79

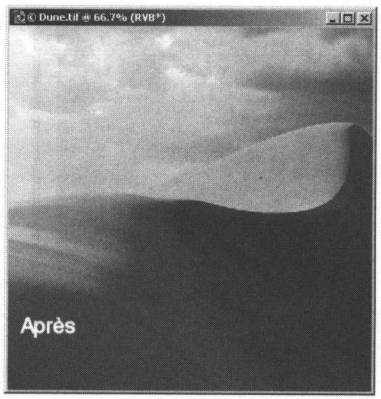


Fig.5.80

Pour utiliser la commande Correction sélective, la procédure est la suivante :

La correction sélective est une technique utilisée par les scanners haut de gamme et les programmes de séparation pour augmenter et diminuer la quantité de couleurs quadri dans chaque composante de couleur primaire additive et soustractive d'une image. Même si la correction sélective s'effectue avec des couleurs CMJN, on peut l'utiliser pour des images RVB ainsi que sur des images destinées à l'impression.

Cette technique de correction repose sur un tableau qui indique la quantité d'encre quadri utilisée pour chaque couleur primaire. En augmentant et en diminuant la quantité d'une encre quadri par rapport aux autres encres quadri, on peut modifier de manière sélective la quantité de couleur quadri dans toute couleur primaire sans altérer les autres couleurs primaires. Par exemple, la correction sélective permet de diminuer de façon spectaculaire la quantité de cyan dans la composante vert de l'image, sans modifier le cyan dans la composante bleu.

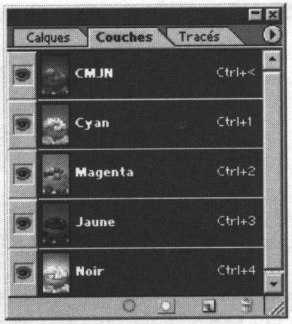


Fig.5.81

① Vérifier que la couche composite est sélectionnée dans la palette **Couches**. La commande **Correction sélective** n'est disponible que lorsque l'on affiche la couche composite (fig.5.81).

② Ouvrir la boîte de dialogue **Correction sélective** par **Image** › **Réglages** › **Correction sélective.**

③ Choisir la couleur à régler à partir du menu **Couleurs**, dans la partie supérieure de la boîte de dialogue (fig.5.82).

④ Dans la section **Mode**, sélectionnez une option :

- **Relatif** : pour modifier la quantité existante de cyan, de magenta, de jaune ou de noir selon un pourcentage du total. Si, par exemple, on commence par un pixel à 50 % de magenta et que l'on ajoute 10 %, 5 % sont ajoutés au magenta (10 % de 50 % = 5 %), soit un total de 55 % de magenta. Cette option ne permet pas de régler le blanc spéculaire pur, qui ne contient pas de composantes de couleur.
- **Absolu** : pour régler la couleur en valeurs absolues. Si, par exemple, on commence par un pixel à 50 % de magenta et que l'on ajoute 10 %, l'encre magenta est définie pour un total de 60 %.

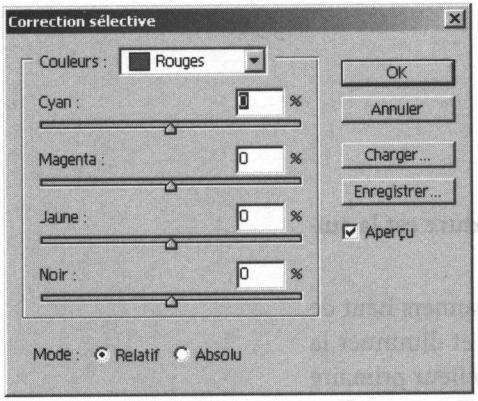


Fig.5.82

⑤ Glisser les curseurs pour augmenter ou diminuer les composantes dans la couleur sélectionnée.

Pour utiliser la commande Mélange des couches de couleur, la procédure est la suivante :

La commande **Mélangeur de couches** permet de modifier une couche de couleur en utilisant un mélange des couches de couleur actuelles. Grâce à cette commande, il est possible :

- d'effectuer des réglages chromatiques créatifs, difficilement réalisables avec les autres outils de réglages chromatiques ;

- de créer des images en niveaux de gris de haute qualité en sélectionnant la proportion (en pourcentage) de chaque couche de couleur ;
- de créer un ton sépia de haute qualité ou d'autres images teintées ;
- de convertir des images vers/à partir d'autres espaces colorimétriques tels que YCbCr, utilisé en vidéo numérique ;
- de permuter ou dupliquer des couches.

Pour mélanger des couches de couleur :

1. Dans la palette **Couches**, sélectionner la couche de couleur composite.
2. Choisir **Image** > **Réglages** > **Mélangeur de couches**.
3. Dans la zone **Couche de sortie**, choisir la couche avec laquelle il faut fusionner une ou plusieurs couches existantes (fig.5.83).
4. Glisser le curseur d'une couche source vers la gauche pour réduire la proportion de cette couche dans la couche cible et vers la droite pour l'augmenter, ou entrer une valeur comprise entre -200 % et +200 % dans la zone de texte. Une valeur négative inverse la couche source avant de l'ajouter à la couche de sortie.
5. Glisser le curseur ou entrer une valeur dans la zone **Constant**. Cette option ajoute une couche noire ou blanche d'opacité variable : les valeurs négatives agissent comme une couche noire et les valeurs positives comme une couche blanche.
6. Sélectionner **Monochrome** pour appliquer les mêmes paramètres aux couches de sortie et créer ainsi une image couleur ne contenant que des valeurs de gris.

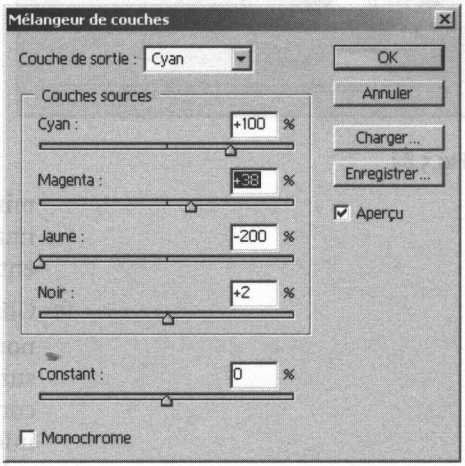


Fig.5.83

Le renforcement des contours de l'image

L'étape finale dans le traitement de la couleur consiste à utiliser le filtre **Accentuation** pour renforcer la netteté des contours dans l'image. Elle aide à restaurer la netteté des images ayant subi un rééchantillonnage à la suite

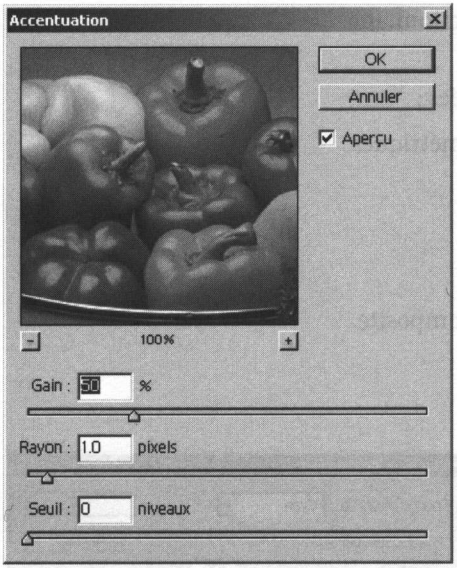


Fig.5.84

des réglages des tonalités. Ce filtre permet de repérer les pixels qui diffèrent des pixels avoisinants en fonction d'un seuil que l'on spécifie et augmente le contraste des pixels selon le degré que l'on indique.

Pour utiliser le filtre Accentuation, la procédure est la suivante :

① Choisir **Filtre** › **Renforcement** › **Accentuation**.

② Vérifier que l'option **Aperçu** est activée (fig.5.84).

③ Cliquer sur l'image dans la zone d'aperçu pour observer son aspect sans renforcement.

④ Glisser le pointeur sur les différentes parties de l'image, dans la zone d'aperçu, et cliquez sur + ou - pour agrandir ou réduire l'image.

⑤ Utiliser l'une des méthodes suivantes (fig.5.85-5.86) :

- Glisser le curseur **Gain** ou entrez une valeur pour déterminer le degré d'augmentation du contraste des pixels. Pour les images imprimées à haute résolution, une augmentation comprise entre 150 et 200 % est généralement recommandée.
- Glisser le curseur **Rayon** ou entrer une valeur pour déterminer le nombre de pixels devant entourer les pixels de contour qui influent sur le renforcement. Pour les images à haute résolution, un rayon compris entre 1 et 2 est généralement recommandé. Une valeur inférieure renforce uniquement les pixels de contour, tandis qu'une valeur supérieure traite une plus large bande de pixels.
- Glisser le curseur **Seuil** ou entrez une valeur pour déterminer le degré de différence voulu entre les pixels renforcés et la zone environnante avant qu'ils ne soient pris en compte comme pixels de contour et renforcés par le filtre.

Fig.5.85

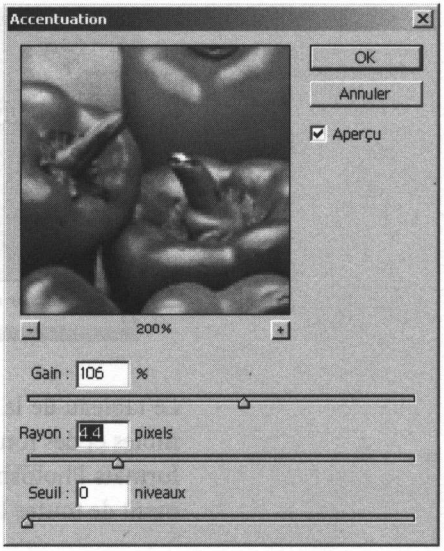


Fig.5.86

Si le filtre **Accentuation** entraîne une saturation excessive des couleurs déjà lumineuses, il convient de convertir l'image en mode Lab et d'appliquer le filtre à la couche L (luminosité) uniquement. La netteté de l'image est ainsi renforcée sans que les composantes de couleur ne soient affectées.

4. La sauvegarde et les formats de fichier

Photoshop prend en charge une très grande variété de formats de fichier, tant pour la lecture que pour l'enregistrement. Le format d'enregistrement sélectionné dépendra de la quantité d'informations que l'on souhaite préserver et des contraintes éventuelles. Il suffit de sélectionner l'option **Enregistrer sous** dans le menu **Fichier** et de sélectionner différents formats de fichier pour se rendre compte des options disponibles et des éventuels messages d'alerte (fig.5.87-5.88).

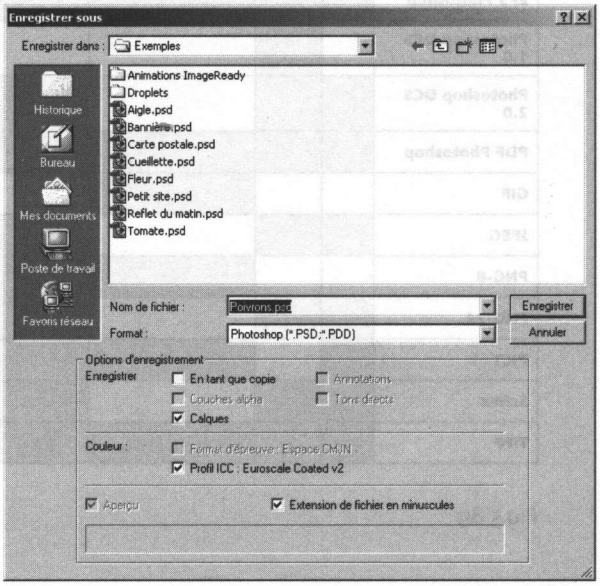
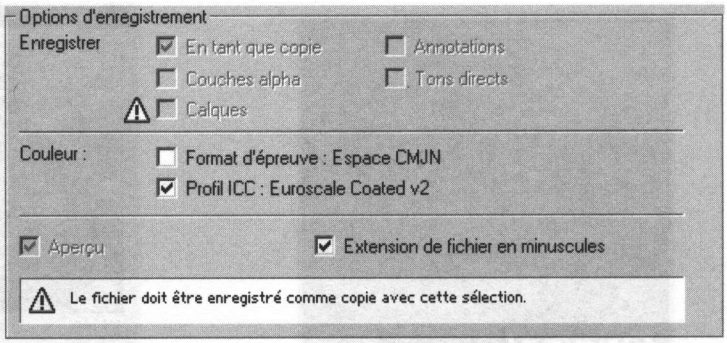


Fig.5.87



Le tableau de la figure 5.89 donne une idée des principaux formats disponibles et des fonctions pouvant être enregistrées. On constate que seuls les formats Photoshop (PSD), PDF Photoshop et TIFF permettent l'enregistrement de toutes les informations de l'image, quelle que soit leur nature.

Format de fichier	RVB	CMJN	Couleurs indexées	Niveaux de gris	Calques	Couches alpha	Tracés	Epreuves	ICC	Annotations
Photoshop PSD	■	■	■	■	■	■	■		■	■
EPS Photoshop	■	■	■	■			■	■	■	
Photoshop DCS 1.0		■					■	■	■	
Photoshop DCS 2.0	■	■		■		■	■	■	■	
PDF Photoshop	■	■	■	■	■	■	■		■	■
GIF			■				■			
JPEG	■	■		■			■		■	
PNG-8			■	■		■	■			
PNG-24	■	■		■		■	■			
PICT	■		■	■			■		■	
Scitex	■	■		■			■			
TIFF	■	■	■	■	■	■	■		■	■

Fig.5.89

Les principaux formats sont les suivants :

Le format Photoshop (PSD) : il s'agit du format de fichier par défaut de Photoshop le seul qui prenne en charge toutes les fonctionnalités du logiciel Photoshop. Lorsque l'on enregistre un fichier PSD pour l'utiliser dans une version antérieure de Photoshop, les fonctionnalités non prises en charge seront supprimées.

Le format EPS (Encapsulated PostScript) : il peut représenter des données vectorielles et bitmap et est pris en charge par la majorité des logiciels graphiques, d'illustration et de mise en page. Il est utilisé pour transférer des illustrations de langage PostScript entre applications. Le format EPS prend en charge les modes de couleurs Lab, CMJN, RVB, Couleurs indexées, Bichromie, Niveaux de gris et Bitmap, mais pas les couches alpha. Il prend également en charge les masques. Les options sont les suivantes (fig.5.90) :

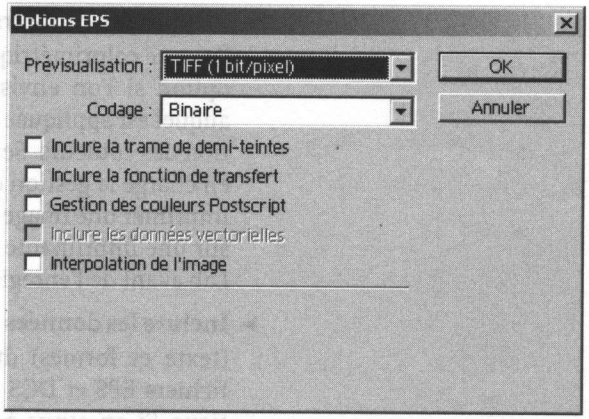


Fig.5.90

- **Prévisualisation** : crée une image basse résolution pouvant être visualisée dans l'application cible. Pour partager un fichier EPS sur des systèmes Windows et Mac OS, il faut sélectionner TIFF. L'affichage sera de meilleure qualité si vous choisissez un aperçu 8 bits, mais la taille du fichier sera plus importante qu'avec un aperçu 1 bit. Sur Mac OS, il est conseillé d'utiliser l'option d'aperçu JPEG à condition que QuickTime soit installé sur la machine.
- **Codage** : détermine le mode de transmission des données d'image sur un périphérique de sortie PostScript. Le mode ASCII est le plus générique mais il ne peut être utilisé qu'à partir d'un système Windows. Le mode Binaire génère un fichier de sortie plus petit sans modifier les données d'origine. Il convient pour une impression à partir d'un système Mac OS. Le format JPEG compresse les fichiers en éliminant certaines données d'image. Les fichiers codés en JPEG peuvent être imprimés uniquement sur des imprimantes PostScript Niveau 2. Ils ne peuvent pas être séparés en plusieurs plaques.

- **Inclure la trame de demi-teintes et Inclure la fonction de transfert** : contrôle les spécifications d'impression pour des travaux d'impression commerciaux haut de gamme. Il convient de consulter son imprimeur pour connaître les options à sélectionner.
- **Blancs transparents** : affiche les zones blanches sous forme de zones transparentes. Cette option n'est disponible que pour les images Bitmap.
- **Gestion des couleurs PostScript** : convertit les fichiers de données selon l'espace colorimétrique de l'imprimante. Il ne faut pas sélectionner cette option si l'on envisage d'importer l'image dans un autre document auquel est appliquée la gestion des couleurs, au risque de modifier la gestion des couleurs. Seules les imprimantes PostScript Niveau 3 prennent en charge la gestion des couleurs PostScript pour les images CMJN. Pour imprimer une image CMJN avec l'option Gestion des couleurs PostScript sur une imprimante Niveau 2, il convient de convertir l'image en mode Lab avant de l'enregistrer au format EPS.
- **Inclure les données vectorielles** : préserve toutes les images vectorielles (texte et formes) du fichier. Toutefois, les données vectorielles des fichiers EPS et DCS ne peuvent être utilisées que par d'autres applications. Si on ouvre à nouveau ces fichiers dans Photoshop, elles seront pixellisées.
- **Interpolation de l'image** : lisse l'apparence d'une image basse résolution au moment de l'impression.

Le format DCS (Desktop Color Separations) : inspiré du format standard EPS, il permet d'enregistrer les séparations de couleurs des fichiers CMJN. Il convient d'utiliser le format DCS 2.0 pour exporter des images contenant des couches de ton direct. Pour imprimer des fichiers EPS, une imprimante PostScript est requise. Le format DCS 1.0 génère cinq fichiers distincts (une image composite et quatre séparations), tandis que le format DCS 2.0 permet d'enregistrer en un seul fichier l'aperçu et les quatre séparations. Les options sont similaires au format EPS (fig.5.91). En outre, le format DCS permet également de créer un fichier composite d'une résolution de 72 ppp.

Le format PDF (Portable Document Format) : il s'agit d'un format de fichier souple, compatible entre différentes plates-formes et applications. Basés sur le modèle d'imagerie PostScript, les fichiers PDF offrent un affichage détaillé tout en conservant les polices, les mises en page et les graphiques vectoriels et bitmap. En outre, les fichiers PDF incluent des fonctionnalités de navigation et de recherche au sein de documents électroniques tels que des liens électroniques.

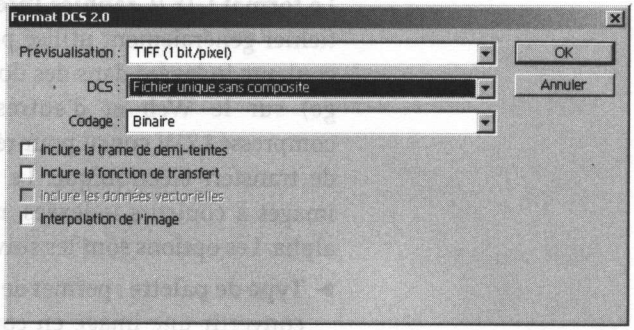


Fig.5.91

Photoshop reconnaît deux types de fichiers PDF : les fichiers Photoshop PDF et les fichiers PDF génériques. S'il est possible d'ouvrir les deux types de fichiers PDF, il n'est possible d'enregistrer les images qu'au format PhotoshopPDF. Ce format est de plus en plus utilisé dans le monde du prépresse pour la diffusion de documents.

Le format Photoshop PDF prend en charge tous les modes de couleurs et les fonctionnalités prises en charge par le format Photoshop standard. Le format Photoshop PDF prend également en charge les méthodes de compression JPEG et ZIP, sauf pour les images Bitmap qui utilisent la compression CCITT Groupe 4. Il est également possible de limiter l'accès au fichier ou d'empêcher différentes opérations en cochant le champ Protection PDF et en cliquant sur Paramètres de protection (fig.5.92).

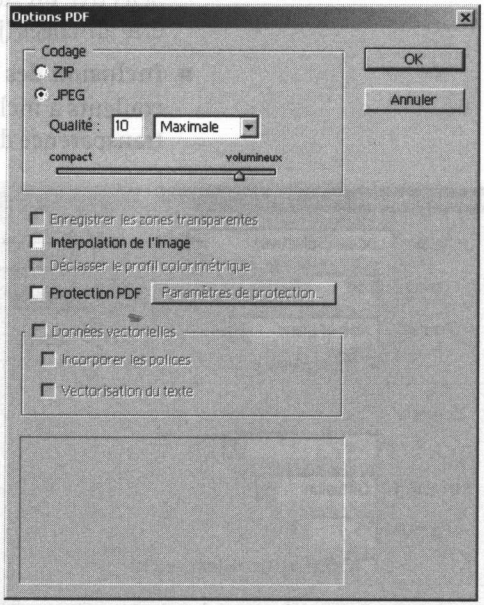


Fig.5.92

Le format GIF (Graphics Interchange Format) : il constitue le format de fichier généralement utilisé pour afficher des graphiques et des images à couleurs indexées dans des documents HTML (hypertext markup language) sur le Web et d'autres services en ligne. GIF est un format compressé LZW conçu pour réduire à la fois la taille du fichier et le temps de transfert électronique. Le format GIF préserve les transparences des images à couleurs indexées, mais il ne prend pas en charge les couches alpha. Les options sont les suivantes pour une image RVB (fig.5.93) :

- **Type de palette** : permet de choisir entre plusieurs types de palette pour convertir une image en couleurs indexées (Exacte, Système (Mac OS), Système (Windows), Web, Uniforme, Perceptive, Sélective, Adaptative, Autre, Précédente).
- **Nombre de couleurs** : permet, pour les palettes Uniforme, Perceptive, Sélective ou Adaptative, de choisir le nombre exact de couleurs devant être affichées (jusqu'à 256) en entrant une valeur pour l'option Couleurs.
- **Inclusion des couleurs et de la transparence** : permet de spécifier les couleurs à inclure dans la table des couleurs indexées ou de spécifier la transparence dans l'image.
- **Simulation** : permet de simuler les couleurs absentes de la table des couleurs. Cette opération mélange les pixels des couleurs disponibles pour simuler les couleurs manquantes.

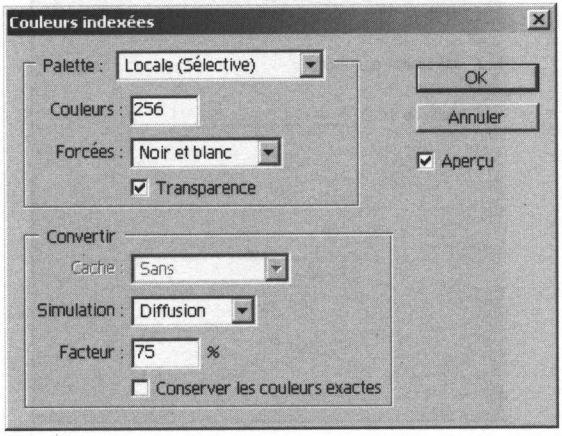


Fig.5.93

Le format JPEG (Joint Photographic Experts Group) : il est généralement utilisé pour visualiser des photographies et autres images à tons continus dans des documents HTML (hypertext markup language) sur le Web et d'autres services en ligne. Il prend en charge les modes de couleurs CMJN, RVB et Niveaux de gris, mais pas les couches alpha. A la différence du format GIF, le format JPEG conserve les informations chromatiques d'une image RVB, mais compresse la taille des fichiers en éliminant des données de façon sélective.

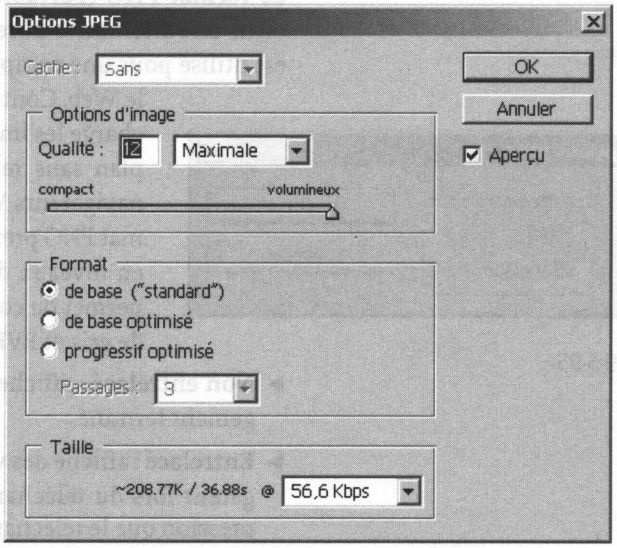


Fig.5.94

Une image JPEG est automatiquement décompressée lorsqu'elle est ouverte. Un haut niveau de compression génère une image de qualité réduite, et un bas niveau de compression génère une image de meilleure qualité. Dans la plupart des cas, l'option de qualité Maximale génère un résultat totalement semblable à l'original. Les options sont les suivantes (fig.5.94) :

- **Cache** : si l'image contient des transparences, cette option permet de sélectionner une couleur de cache pour simuler la transparence de l'arrière-plan.
- **Options d'image** : permet de régler la qualité de l'image. Il faut choisir une option dans la liste Qualité, puis déplacer le curseur Qualité ou entrer une valeur comprise entre 0 et 12 dans la zone Qualité.
- **Format** : le format de base (« standard ») est compatible avec la plupart des navigateurs Web. Le format de base optimisé améliore la qualité des couleurs de l'image et génère un fichier un peu moins volumineux. Le format progressif optimisé permet d'afficher l'image en plusieurs phases en augmentant progressivement les détails lors du téléchargement. Les images JPEG aux formats de base optimisé et progressif optimisé ne sont pas prises en charge par tous les navigateurs Web.

- **Taille** : permet d'obtenir une estimation de la durée de téléchargement. Il convient de sélectionner pour cela une vitesse de modem.

Le format PNG (Portable Network Graphics) : il a été développé pour offrir une alternative libre au format GIF, qui est breveté et donc payant. Il est utilisé pour une compression sans perte et un affichage des images sur le Web. Contrairement au format GIF, le format PNG prend en charge les images 24 bits et génère des transparences d'arrière-plan sans rendre le contour irrégulier. Cependant, certains navigateurs Web ne prennent pas en charge ce format. Le format PNG prend en charge les images RVB, à couleurs indexées, en niveaux de gris ou en mode Bitmap sans couche alpha. Il permet de conserver les transparences des images en niveaux de gris et RVB. Deux options sont disponibles (fig.5.95) :

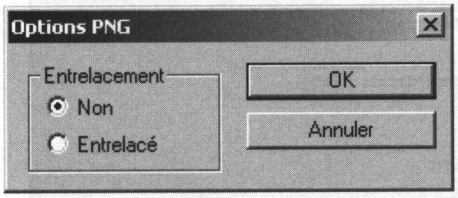


Fig.5.95

- **Non entrelacé** : affiche l'image dans un navigateur une fois le téléchargement terminé.
- **Entrelacé** : affiche des versions basse résolution de l'image dans un navigateur lors du téléchargement du fichier. L'entrelacement donne l'impression que le téléchargement est plus rapide.

Le format PICT : il s'agit du format Macintosh qui peut être lu par les versions Windows de Photoshop. Comme il ne présente aucun avantage par rapport au format PSD de Photoshop, il est peu utilisé.

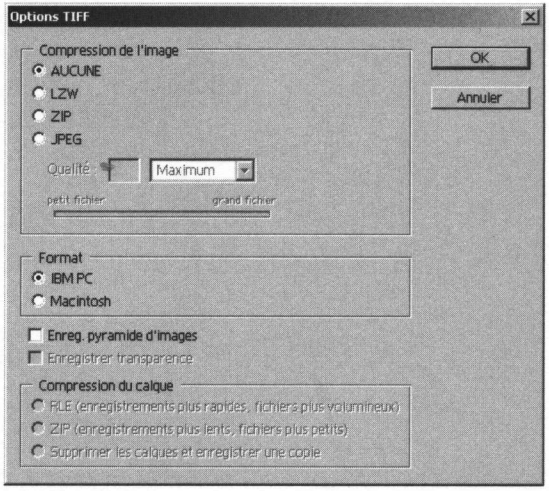
Le format Scitex CT (Scitex Continuous Tone) : il est utilisé pour traiter des images de pointe sur des ordinateurs Scitex. Le format Scitex CT prend en charge les modes de couleurs CMJN, RVB et Niveaux de gris, mais pas les couches alpha. La taille des images CMJN enregistrées au format Scitex CT est souvent importante. Ces fichiers sont générés pour être utilisés comme entrée avec un scanner Scitex. Les images enregistrées au format Scitex CT sont imprimées sur film à l'aide d'une unité de pixellisation Scitex qui génère des séparations à l'aide d'un système de simili Scitex breveté. Ce système produit très peu de motifs moirés et est souvent utilisé pour des illustrations professionnelles en couleurs comme, par exemple, des annonces publicitaires dans des magazines.

Le format TIFF (Tagged-Image File Format) : il s'utilise pour l'échange de fichiers entre plusieurs applications et plates-formes informatiques. TIFF est un format d'image bitmap souple pris en charge par la plupart des applications de dessin, de retouche d'images et de mise en page. La quasi-totalité des scanners de bureau peuvent produire des images TIFF.

Ce format prend en charge les images CMJN, RVB, Lab, à couleurs indexées et en niveaux de gris avec des couches alpha, ainsi que les images en mode multicouche et Lab sans couche alpha. Photoshop permet d'enregistrer des calques dans un fichier TIFF ; cependant, si l'on ouvre le fichier dans une autre application, seule une image aplatie est visible. Les options sont les suivantes (fig.5.96) :

- **Compression d'image** : spécifie une méthode de compression des données d'image composite.
- **Format** : Photoshop et les applications les plus récentes peuvent lire des fichiers de n'importe quel format. Cependant, pour des applications plus anciennes ou confidentielles, il convient de sélectionner la plate-forme de lecture du fichier.
- **Enregistrer la pyramide d'images** : préserve les informations multirésolutions. Photoshop ne propose pas d'option d'ouverture des fichiers multirésolutions ; l'image s'ouvre dans le fichier avec la résolution la plus élevée. Toutefois, Adobe InDesign et certains serveurs d'images prennent en charge l'ouverture de formats multirésolutions.
- **Enregistrer transparence** : conserve les zones transparentes en tant que couches alpha supplémentaires si le fichier est ouvert dans une autre application (les transparences sont toujours préservées si le fichier est ouvert dans Photoshop).
- **Compression de calque** : spécifie la méthode de compression des données des pixels de calques (différentes des données composites). De nombreuses applications ne peuvent pas lire les données de calques et les ignorent lors de l'ouverture du fichier TIFF. Photoshop est cependant capable de lire les données de calques des fichiers TIFF.

Fig.5.96



Chapitre 6
La gestion de la couleur pour le Web

1. Le Web, un univers instable

D'un point de vue esthétique, le Web est une vraie jungle où le meilleur côtoie le pire. C'est sans aucun doute son accessibilité et sa facilité d'utilisation qui en sont les principales causes. Du professionnel au débutant chacun peut y publier ses documents selon ses propres souhaits. La situation est un peu analogue à l'évolution de la bureautique depuis la sortie de la première imprimante laser, où les professionnels étaient horrifiés par la mauvaise utilisation des polices de caractères et les mises en page du plus mauvais goût. Si ce secteur est à l'heure actuelle arrivé à maturité, on peut s'attendre à une évolution analogue pour le Web.

Le cas du Web se distingue néanmoins de celui de la PAO, car des contraintes d'ordre technique viennent perturber le travail du concepteur qui doit en premier lieu abandonner l'idée qu'il a le contrôle total sur sa conception et l'interactivité qui y est liée. Il doit admettre qu'il partage désormais cette responsabilité avec les utilisateurs et leurs équipements, en termes de logiciels et de moyens. Ainsi, outre le problème de la couleur souvent limitée à 216 teintes, le concepteur doit faire face aux problèmes suivants :

- **Le système informatique** : même l'ordinateur de l'internaute fonctionne à 2 ou 3 gigahertz, il ne peut pas faire plus que ce que lui permet le logiciel d'application, c'est-à-dire le navigateur. Ce ne sont pas les spécifications du HTML 4, ou celles des feuilles de style, qui comptent, mais la manière dont les navigateurs les implémentent.
- **Le débit** : il ne faut pas oublier qu'Internet est un petit tuyau par lequel doivent transiter des tonnes de pages Web avec du contenu en tout genre. Il y a donc engorgement à certaines heures. Une enquête menée

par eMarketer (*www.emarketer.com*) démontre que les utilisateurs du Web sont peu patients lors du chargement des pages... Ainsi pour le chargement d'une page, les délais maximums supportés exprimés par les utilisateurs interrogés sont les suivants :

16% sont prêts à attendre 10 sec.

33% sont prêts à attendre 15 sec.

25% sont prêts à attendre 20 sec.

21% sont prêts à attendre 30 sec.

51% des visiteurs n'attendront pas au-delà de 15 secondes le chargement d'une page. Ce qui se traduit par un maximum de 40 ko par page, pour assurer un téléchargement en moins de 10 secondes.

- **L'internaute** : l'internaute est maître de son navigateur et donc de l'affichage des pages Web. Dans les paramètres de son navigateur, il peut sans problèmes :
  - ☐ préciser la nature et la taille de la police proportionnelle par défaut,
  - ☐ demander que la police par défaut remplace celle qui est précisée dans le document original,
  - ☐ imposer la couleur de texte et d'arrière-plan de son choix,
  - ☐ imposer la couleur des liens en fonction de leur état (visité, activé, non visité).
- **La résolution et la définition de l'écran** : l'affichage sur l'écran de l'ordinateur, dont la résolution physique varie entre 72 et 100 dpi suivant le modèle, est loin derrière les performances des photocomposeuses, des systèmes d'épreuvage numérique, de l'offset ou des imprimantes «qualité photo». De plus, la taille d'affichage n'est pas uniforme. En effet, si 40% des internautes voient le Web dans une fenêtre de 15» avec une définition de 800 x 600 pixels, un bon 30% sont équipés d'un moniteur de 17» avec une définition de 1024 x 768 pixels. Les plus mal lotis surfent sur le Web avec un moniteur de 14» configuré à la définition de 640 x 480 pixels.

Cette perte de contrôle est intimement liée aux spécificités du domaine du Web, mais les choses évoluent et se stabiliseront sans aucun doute à terme comme ce fut le cas pour la PAO.

2. L'utilisation de la couleur sur le Web

La couleur intervient à plusieurs niveaux dans une page Web. En effet, outre son utilisation dans des images insérées dans la page, la couleur intervient également pour personnaliser les composants suivants d'une page :

- La couleur d'arrière-plan
- La couleur des boutons de navigation
- La couleur des titres et textes
- La couleur des hypertextes
- La couleur des barres de séparation
- La couleur des bordures de tableau

2.1. Les codes HTML pour la couleur

S'il est largement conseillé d'utiliser les feuilles de style pour définir l'aspect des différents composants d'une page, il faut reconnaître que le codage des propriétés de couleur directement dans le code HTML est encore une pratique courante pour les non-initiés.

En HTML standard les codes permettant de définir la couleur sont les suivants :

Objet	Code	Forme
Couleur d'arrière-plan	BGCOLOR	<BODY BGCOLOR=#008080>
Couleur du texte	FONT COLOR	<FONT COLOR=#006400> le texte </FONT>
Couleur des liens hypertextes	LINK, ALINK, VLINK	<BODY ..... LINK=#CC0033 ALINK=#9900FF VLINK=#009933>
Couleur des barres de séparation	COLOR	<HR COLOR="#FF0000">
Couleur des bordures de tableaux	BORDERCOLOR	<TABLE BORDERCOLOR="#FF0000
Couleur de fond d'un tableau	BGCOLOR	<TABLE BGCOLOR=#CC0033>

2.2. Les codes hexadécimaux

Les férus d'informatique savent sans aucun doute que l'ordinateur ne sait pas utiliser le système de numérotation décimale, qui nous est familier. En interne, seuls deux états peuvent être traités (éteint et allumé) et tout le reste découle de cette particularité. Les deux états sont souvent représentés à l'aide de 0 et de 1, qui proviennent du système de numérotation binaire. Ainsi, pour faire comprendre le nombre « 35 » (en base 10) à un ordinateur, celui-ci doit lire 100011 (en base 2). Pour les couleurs, le code HTML fonctionne avec des nombres hexadécimaux, ce qui correspond à un système à base 16. La raison en est la suivante, chaque couleur affichée à l'écran est codée dans le mode RVB dont les valeurs se situent dans une plage de 0 à 255. Chacune de ces valeurs est notée sur deux positions dans le système hexadécimal, ce qui permet de noter plusieurs valeurs à la suite sans s'y perdre. En HTML, le signe « # » précède la valeur de la couleur exprimée dans le système Hexa. Pour définir une couleur bleu cyan avec R=121, V=245 et B=249, on obtient le code #79F5F9 qui peut être fourni directement par le logiciel graphique (fig.6.1 dans Paint Shop Pro) ou calculé par une calculatrice scientifique, voire la calculatrice de Windows (fig.6.2). Dans ce dernier cas on obtient :

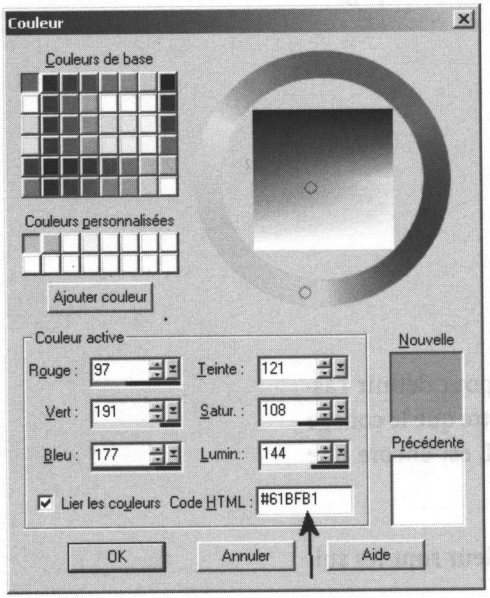


Fig.6.1

- 121 donne 79 en Hexa
- 245 donne F5 en Hexa
- 249 donne F9 en Hexa

Les chiffres de 0 à 9 sont exprimés tels quels dans le système hexadécimal, tandis que les chiffres 10 à 15 sont exprimés par les lettres de A jusqu'à F inclus.

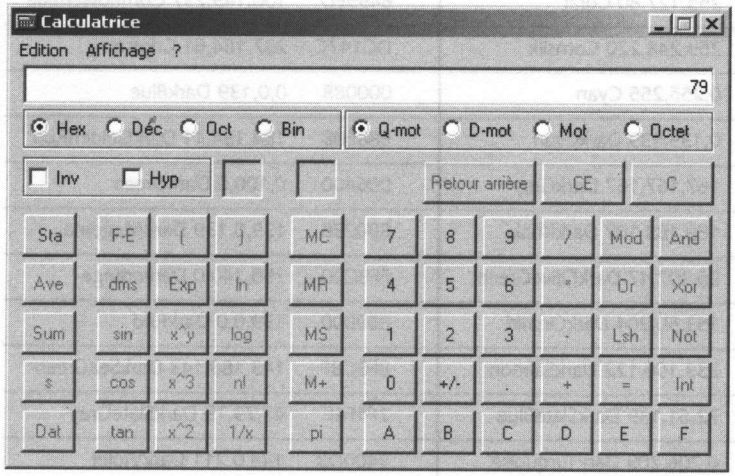


Fig.6.2

A partir de la version HTML 3.2, les noms de couleurs sont également pris en charge à la place des codes hexadécimaux, mais il faut être prudent dans leur dénomination. Ainsi, par exemple, le vert pur est désigné sous le nom de « Lime » et la couleur grise utilise le terme « Gray » américain et non « Grey » anglais. Ces noms qui sont compatibles avec les versions récentes de Netscape et Internet Explorer ne sont pas issus de l'organisme W3C et ne constituent donc pas une norme.

F0F8FF	240,248,255 AliceBlue	FAEBD7	250,235,215 AntiqueWhite
00FFFF	0,255,255 Aqua	7FFFD4	127,255,212 Aquamarine
F0FFFF	240,255,255 Azure	F5F5DC	245,245,220 Beige
FFE4C4	255,228,196 Bisque	000000	0,0,0 Black
FFEBCD	255,235,205 BlanchedAlmond	0000FF	0,0,255 Blue
8A2BE2	138,43,226 BlueViolet	A52A2A	165,42,42 Brown
DEB887	222,184,135 BurlyWood	5F9EA0	95,158,160 CadetBlue
7FFF00	127,255,0 Chartreuse	D2691E	210,105,30 Chocolate

FF7F50	255,127,80 Coral	6495ED	100,149,237 CornflowerBlue
FFF8DC	255,248,220 Cornsilk	DC143C	237,164,61 Crimson
00FFFF	0,255,255 Cyan	00008B	0,0,139 DarkBlue
008B8B	0,139,139 DarkCyan	B8860B	184,134,11 DarkGoldenRod
A9A9A9	167,167,167 DarkGray	006400	0,100,0 DarkGreen
BDB76B	189,183,107 DarkKhaki	8B008B	139,0,139 DarkMagenta
556B2F	85,107,47 DarkOliveGreen	FF8C00	255,140,0 Darkorange
9932CC	153,50,204 DarkOrchid	8B0000	139,0,0 DarkRed
E9967A	233,150,122 DarkSalmon	8FBC8F	143,188,143 DarkSeaGreen
483D8B	72,61,139 DarkSlateBlue	2F4F4F	47,79,79 DarkSlateGray
00CED1	0,206,209 DarkTurquoise	9400D3	148,0,211 DarkViolet
FF1493	255,20,147 DeepPink	00BFFF	0,191,255 DeepSkyBlue
696969	105,105,105 DimGray	1E90FF	30,144,255 DodgerBlue
D19275	209,146,117 Feldspar	B22222	178,34,34 FireBrick
FFFAF0	255,250,240 FloralWhite	228B22	34,139,34 ForestGreen
FF00FF	255,0,255 Fuchsia	DCDCDC	220,220,220 Gainsboro
F8F8FF	248,248,255 GhostWhite	FFD700	255,215,0 Gold
DAA520	218,165,32 GoldenRod	808080	190,190,190 Gray
008000	0,128,0 Green	ADFF2F	173,255,47 GreenYellow
F0FFF0	240,255,240 HoneyDew	FF69B4	255,105,180 HotPink
CD5C5C	205,92,92 IndianRed	4B0082	75,0,130 Indigo
FFFFF0	255,255,240 Ivory	F0E68C	240,230,140 Khaki
E6E6FA	230,230,250 Lavender	FFF0F5	255,240,245 LavenderBlush
7CFC00	124,252,0 LawnGreen	FFFACD	255,250,205 LemonChiffon
ADD8E6	173,216,230 LightBlue	F08080	240,128,128 LightCoral
E0FFFF	224,255,255 LightCyan	FAFAD2	250,250,210 LightGoldenRodYellow

D3D3D3	211,211,211 LightGrey	90EE90	144,238,144 LightGreen
FFB6C1	255,182,193 LightPink	FFA07A	255,160,122 LightSalmon
20B2AA	32,178,170 LightSeaGreen	87CEFA	135,206,250 LightSkyBlue
8470FF	132,112,255 LightSlateBlue	778899	119,136,153 LightSlateGray
B0C4DE	176,196,222 LightSteelBlue	FFFFE0	255,255,224 LightYellow
00FF00	0,255,0 Lime	32CD32	50,205,50 LimeGreen
FAF0E6	250,240,230 Linen	FF00FF	255,0,255 Magenta
800000	128,0,0 Maroon	66CDAA	102,205,170 MediumAquaMarine
0000CD	0,0,205 MediumBlue	BA55D3	186,85,211 MediumOrchid
9370D8	147,112,219 MediumPurple	3CB371	60,179,113 MediumSeaGreen
7B68EE	123,104,238 MediumSlateBlue	00FA9A	0,250,154 MediumSpringGreen
48D1CC	72,209,204 MediumTurquoise	C71585	199,21,133 MediumVioletRed
191970	25,25,112 MidnightBlue	F5FFFA	245,255,250 MintCream
FFE4E1	255,228,225 MistyRose	FFE4B5	255,228,181 Moccasin
FFDEAD	255,222,173 NavajoWhite	000080	0,0,128 Navy
FDF5E6	253,245,230 OldLace	808000	128,128,0 Olive
6B8E23	107,142,35 OliveDrab	FFA500	255,165,0 Orange
FF4500	255,69,0 OrangeRed	DA70D6	218,112,214 Orchid
EEE8AA	238,232,170 PaleGoldenRod	98FB98	152,251,152 PaleGreen
AFEEEE	175,238,238 PaleTurquoise	D87093	219,112,147 PaleVioletRed
FFEFD5	255,239,213 PapayaWhip	FFDAB9	255,218,185 PeachPuff
CD853F	205,133,63 Peru	FFC0CB	255,192,203 Pink
DDA0DD	221,160,221 Plum	B0E0E6	176,224,230 PowderBlue
800080	128,0,128 Purple	FF0000	255,0,0 Red
BC8F8F	188,143,143 RosyBrown	4169E1	65,105,225 RoyalBlue

8B4513	139,69,19 SaddleBrown	FA8072	250,128,114 Salmon
F4A460	244,164,96 SandyBrown	2E8B57	46,139,87 SeaGreen
FFF5EE	255,245,238 SeaShell	A0522D	160,82,45 Sienna
C0C0C0	192,192,192 Silver	87CEEB	135,206,235 SkyBlue
6A5ACD	106,90,205 SlateBlue	708090	112,128,144 SlateGray
FFFAFA	255,250,250 Snow	00FF7F	0,255,127 SpringGreen
4682B4	70,130,180 SteelBlue	D2B48C	210,180,140 Tan
008080	0,128,128 Teal	D8BFD8	216,191,216 Thistle
FF6347	255,99,71 Tomato	40E0D0	64,224,208 Turquoise
EE82EE	238,130,238 Violet	D02090	208,32,144 VioletRed
F5DEB3	245,222,179 Wheat	FFFFFF	255,255,255 White
F5F5F5	245,245,245 WhiteSmoke	FFFF00	255,255,0 Yellow
9ACD32	154,205,50 YellowGreen		

2.3. Les palettes de couleurs

Dans les systèmes qui utilisent encore des cartes 8 bits, ce qui est plutôt rare de nos jours, l'affichage en couleur est limité à 256 couleurs et les logiciels d'application utilisent dès lors une technique particulière dénommée « dithering » pour afficher les images qui en comportent davantage. Le « dithering » est le procédé qui permet de simuler à l'écran des couleurs manquantes, en juxtaposant des pixels de différentes couleurs (par exemple une juxtaposition de pixels jaunes et rouges va simuler la couleur orange). Pour le Web, le problème se situe au niveau du navigateur et en particulier de Netscape qui utilise un procédé de dithering qui lui est propre et qui diffère de celui de Photoshop, par exemple. Pour remédier à ce problème, on utilise une palette de couleurs spéciale, indépendante du navigateur, encore appelée palette Netscape. Cette palette est composée de 216 couleurs (fig.6.3) et doit être chargée dans le logiciel de création pour être sûr que les

couleurs ne seront pas modifiées dans le navigateur. Comme la majorité des utilisateurs d'Internet ont accès, à l'heure actuelle, à des systèmes qui gèrent 24 bits d'information couleur, cette méthode n'est plus vraiment d'actualité.

Pour les habitués du système Pantone, il existe un outil particulier « Pantone ColorWeb Pro » (fig.6.4) qui leur permet d'intégrer les couleurs du « Pantone Matching System » et celles du « Système de couleurs PANTONE pour Internet » dans les logiciels de création de pages Web, les éditeurs HTML, ainsi que les logiciels de présentations. Avec ColorWeb Pro, il suffit d'effectuer son choix à partir d'une palette de plus de 1100 couleurs, ce qui permettra la représentation la plus proche des couleurs Pantone sur le moniteur. En plus, ColorWeb Pro donne également la possibilité de créer une palette Internet de 216 couleurs sans tramage sur un écran 8 bits (256 couleurs).

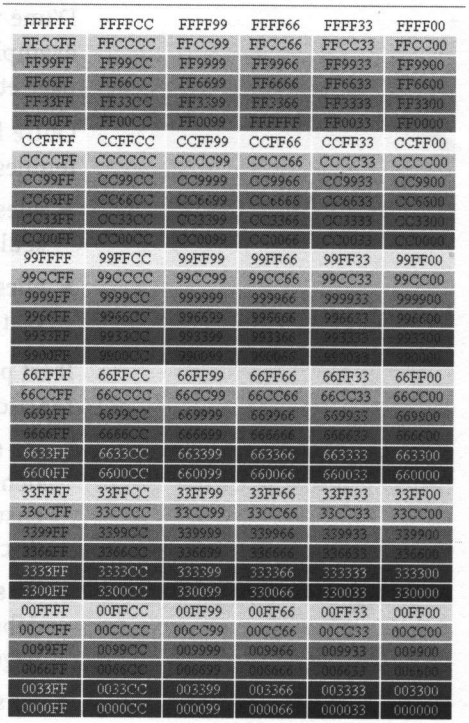


Fig.6.4

2.4. Les feuilles de style

A l'origine de l'Internet, les documents HTML s'échangeaient uniquement entre chercheurs et universitaires qui s'intéressaient davantage au contenu et à la quantité d'information transmise qu'à l'aspect de la page elle-même. Avec le développement du Web et l'intérêt commercial de celui-ci pour les entreprises, il devenait impératif de pouvoir caractériser un site par rapport à un autre afin de donner un « look » conforme à l'image de l'entreprise en question.

Malgré les très nombreux sites parfaitement réussis, il faut reconnaître que les concepteurs ne disposaient pas au début du Web de la qualité de contrôle qu'ils avaient habituellement avec un outil traditionnel d'édition en ce qui concerne la couleur, la tabulation, le positionnement et d'autres aspects de style. Grâce à l'arrivée des « feuilles de style Web », ces différentes lacunes sont largement atténuées et il devient plus facile d'élaborer ou de modifier le style d'un site Web en définissant simplement une nouvelle feuille de style.

D'une manière analogue aux modèles existant dans Microsoft Word, par exemple, les feuilles de styles Web permettent de contrôler l'aspect de la page et de modifier rapidement celui-ci.

Outre les considérations portant sur l'aspect de la page en elle-même, les feuilles de style offrent deux autres avantages importants :

- elles permettent d'uniformiser la mise en page de tout un site en une seule opération ;
- elles permettent d'afficher le site de manière similaire sur les différentes plates-formes et au travers des différents navigateurs.

Il est possible d'utiliser les feuilles de style de trois manières différentes en fonction de la conception souhaitée :

- **les styles liés (linked style)** : la description du style est faite dans un fichier séparé (avec l'extension .css pour Cascading StyleSheet) qui est lié ensuite aux différents fichiers HTML du site. Cette technique permet donc de changer l'aspect de plusieurs pages ou d'un site entier ;
- **les styles incorporés (embedded style)** : la description du style se fait au début de la page. Cette technique permet de changer l'aspect d'une seule page ;
- **les styles internes (inline style)** : la description se fait pour une ligne ou pour un paragraphe. Cette technique permet de changer l'aspect d'une partie de la page courante.

Pour créer un style incorporé, il convient d'ajouter les balises <STYLE>...</STYLE> au début du document entre les balises <HTML> et <BODY>. La balise <STYLE> comporte un attribut TYPE qui prend la valeur « text/css » pour indiquer aux navigateurs ne supportant pas les feuilles de style, d'ignorer celles-ci.

La balise <**STYLE**> est suivie par les différents paramètres de définition de style et se termine par la balise </**STYLE**>.

L'exemple qui suit spécifie les styles pour les balises <**BODY**>, <**H1**>, <**H2**> et <**P**> :

```
<HTML>
<STYLE TYPE=≤text/css≤>
<BODY {font-family : ≤arial≤ ; font-size :10pt}
H1 {font-family : ≤arial≤ ; font-size : 18pt ; font-weight :bold ; color :
maroon}
H2 {font-family : ≤arial≤ ; font-size : 15pt ; font-weight :bold ; color :
blue}
P {font-family : ≤arial≤ ; font-size : 12pt ; color : black}
</STYLE>
<BODY>
.....
</BODY>
</HTML>
```

Dans le cas de l'utilisation d'un style lié, la procédure est similaire. Il suffit simplement de placer le bloc se rapportant au style <style>...</style> dans un fichier séparé (avec l'extension .css) et de faire référence à ce fichier dans la ou les pages html à l'aide de la commande :

```
<LINK REL=STYLESHEET HREF=≤/chemin/fichier.css≤ TYPE= ≤text/css≤>
```

Au niveau de la couleur, les feuilles de style permettent également d'incorporer les profils ICC, ce qui constitue une avancée par rapport à l'HTML classique (voir point 3.3).

2.5. L'harmonie des couleurs

Pour chaque nouveau site à créer, il est courant de se poser la question du choix des couleurs à utiliser et de la combinaison des couleurs à éviter. La décision n'est pas toujours simple si l'on n'est pas un spécialiste de la couleur. Pour se lancer néanmoins dans l'élaboration de la charte graphique du site, une bonne méthode consiste à utiliser le cercle chromatique déjà abordé dans le chapitre 2. Pour rappel, en 1961, le peintre et maître de couleurs

suisse Johannes Itten publia une «Théorie de la couleur», dans laquelle il décrivait comment harmoniser les couleurs, en portant l'accent sur la teinte. A l'aide des trois couleurs primaires que sont le cyan, le magenta et le jaune, il conçut une roue de teintes comportant 12 couleurs. Il considéra que les couleurs complémentaires constituaient des harmonies à deux couleurs. Il reconnut également l'harmonie de trois couleurs des teintes aux points d'un triangle équilatéral, l'harmonie à quatre couleurs aux coins d'un carré, l'harmonie à six couleurs aux coins d'un hexagone, etc. Son schéma, dénommé le « cercle chromatique » est un outil utile pour comprendre l'harmonie des couleurs et réaliser de bonnes combinaisons de couleurs.

Comme nous l'avons développé dans le chapitre 2, une méthode simple pour arriver à l'harmonie colorée est de réaliser des accords colorés à 2, 3, 4 ou 6 couleurs selon les combinaisons suivantes (fig.6.5) :

- **deux couleurs** : choisir deux couleurs diamétralement opposées (ex. : rouge - vert).
- **trois couleurs** : choisir trois couleurs formant un triangle équilatéral (ex. : jaune - bleu - rouge).
- **quatre couleurs** : choisir quatre couleurs formant un carré (ex. : jaune - rouge/orange - violet - bleu/vert).
- **six couleurs** : choisir six couleurs formant un hexagone (ex. : jaune - orange - rouge - violet - bleu - vert).

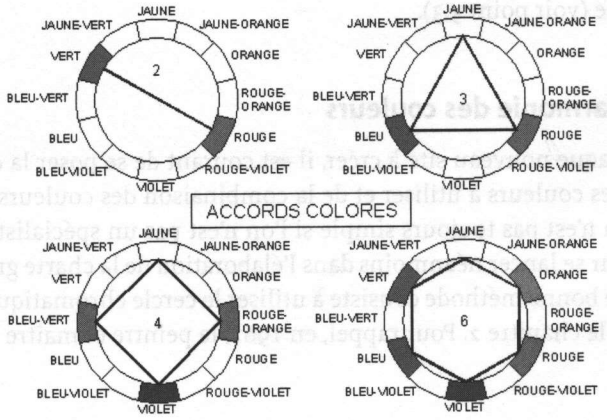


Fig.6.5

Une seconde possibilité consiste à utiliser les **contrastes de couleurs** comme le contraste **chaud-froid** par exemple (fig.6.6).

Enfin, il est également possible d'utiliser des **camaïeux**. Il s'agit d'harmonies basées sur une même couleur mais dans des valeurs différentes. Cette technique permet de réaliser de manière rigoureuse une unité d'ensemble.

Pour simuler visuellement des combinaisons de couleurs, il existe une série de sites Web et d'outils interactifs comme le Palette man, le ColorServe Java, le chromoweb, le chromograf, le chromoflash, le colorlab, etc. (fig.6.7 à 6.12) :

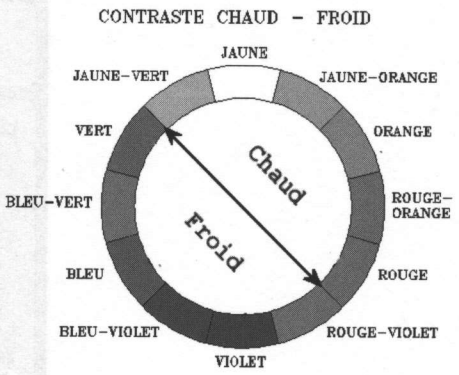
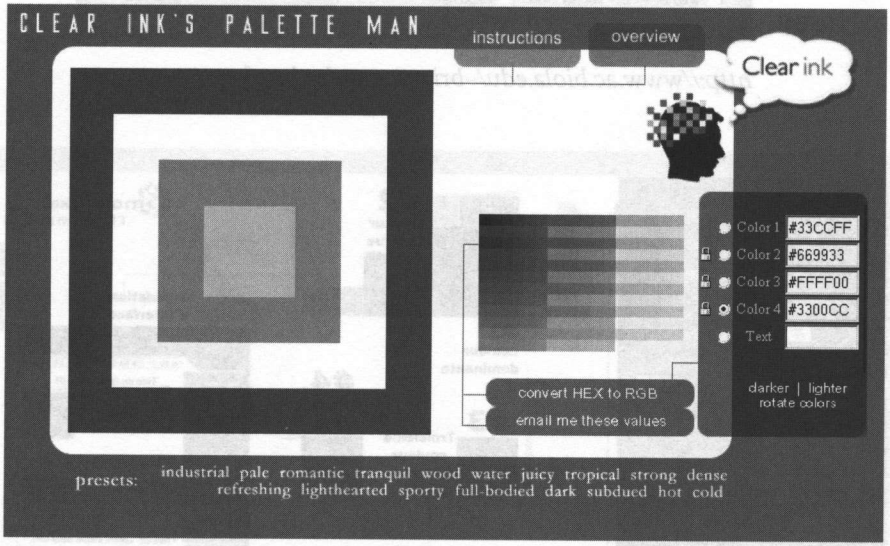


Fig.6.6



http://www.paletteman.com

Fig.6.7

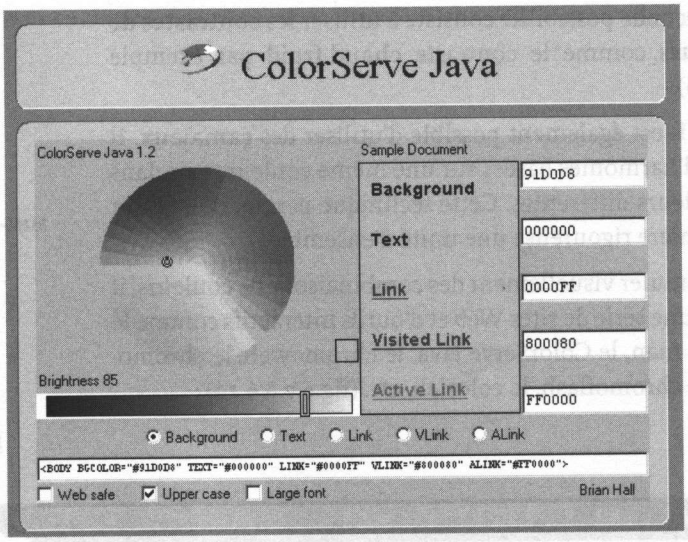


Fig.6.8

http://www.ac.biola.edu/~brian/csapplet.html

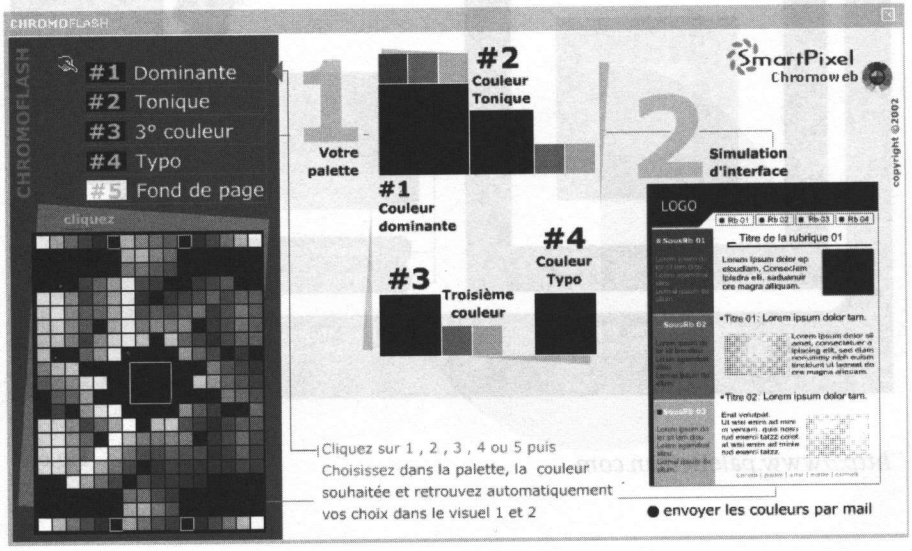


Fig.6.9

http://www.smartpixel.net/chromoweb/fr/index.html

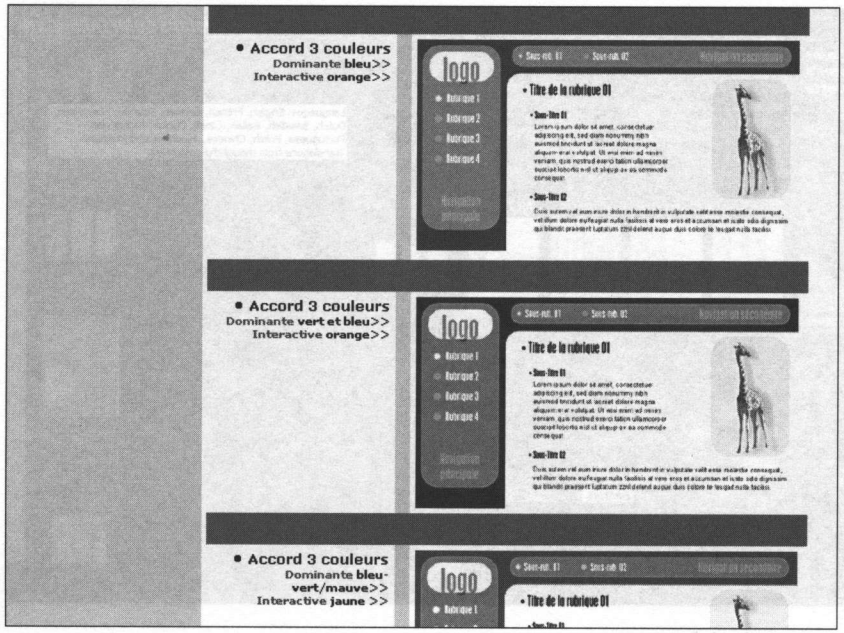
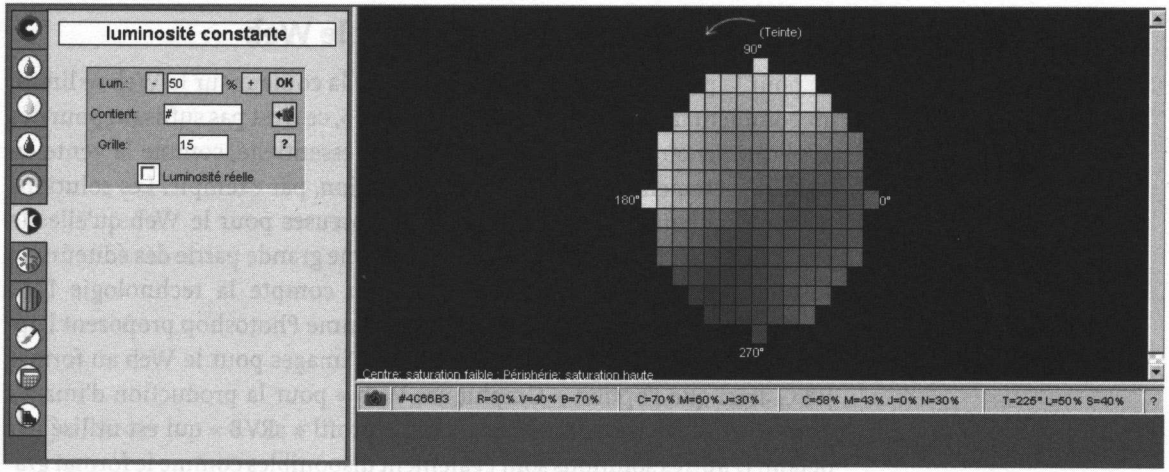


Fig.6.11

http://www.smartpixel.net/chromoweb/fr/exemples.html



http://www.pourpre.com/chromograf/index.html

Fig.6.10

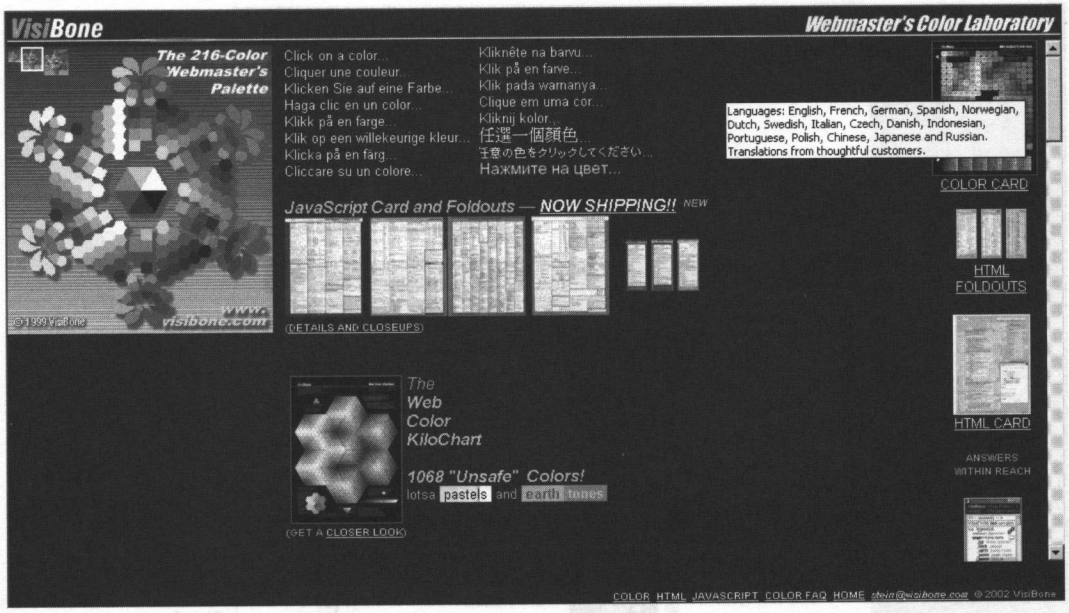


Fig.6.12

http://www.visibone.com/colorlab/

3. La gestion de la couleur pour le Web

Si, pour la plupart des pages Web, le défi de la couleur sur le Web se limite à « comment faire beau avec peu de moyens », ce n'est pas suffisant pour des applications où la fidélité des couleurs est essentielle, comme la vente en ligne de vêtements ou d'articles de décoration, par exemple. Les solutions ne sont malheureusement pas aussi nombreuses pour le Web qu'elles le sont pour le secteur du prépresse. En effet, une grande partie des éditeurs de solutions pour le Web n'ont pas pris en compte la technologie ICC. Toutefois, quelques outils de traitement comme Photoshop proposent l'option « ColorSync » pour l'enregistrement d'images pour le Web au format JPEG ainsi que l'option « Graphiques Web » pour la production d'images pour le Web. Dans ce dernier cas, c'est le profil « sRVB » qui est utilisé par défaut. D'autres solutions sont également disponibles comme le format gra-

phique SVG, les feuilles de style avec intégration de profils, le concept « The Right Color » de Pantone ou encore la solution « Verifi » de la société Imation.

3.1. L'espace sRGB

Tandis que l'ICC fournit une solution robuste, flexible et complexe de gestion de la couleur pour les différents secteurs du prépresse, beaucoup d'autres secteurs d'activités peuvent être concernés par un espace de couleur spécifique orienté vers l'affichage sur un moniteur (ordinateur, TV, vidéo...). Il y a dans ce domaine actuellement une pléthore d'espaces RGB formels et informels parmi lesquels NTSC, PAL, HDTV, NIFRGB, Apple RVB, SGI RVB, et beaucoup d'autres. Dans ce contexte, Hewlett-Packard et Microsoft sont arrivés à la conclusion, il y a plusieurs années déjà, qu'ils avaient chacun besoin d'un espace RGB simple pour leurs produits respectifs. Hewlett-Packard a en particulier une longue histoire des normes de couleur propriétaires dont PCL et ColorSmart. Après quelques négociations, les deux compagnies ont accepté de collaborer sur le développement d'un nouveau standard dénommé « sRGB » (« s » pour standard). Hewlett-Packard et Microsoft ont ainsi développé en commun et commencé à implémenter progressivement ce nouveau standard dans certains produits de Microsoft (logiciels d'exploitation y compris), de HP et dans des solutions pour le Web. Dans les années qui ont suivi Hewlett-Packard, Microsoft et plusieurs sociétés actives dans le domaine de l'imagerie ont largement poursuivi et affiné le développement de l'espace sRGB, à travers un processus international de standardisation. Le but de cet espace de couleur est de compléter les stratégies courantes de gestion de couleur, en particulier ICC, en intégrant une méthode simple de manipulation de la couleur dans les systèmes d'exploitation et le World Wide Web.

La technologie colorimétrique sRGB fait appel à des coordonnées de couleurs indépendantes communes à toutes les techniques d'affichage ou de projection. Elle permet ainsi d'atténuer les variations de teinte observées entre des systèmes d'affichage ou de projection différents et retranscrit les couleurs de façon plus précise pour un résultat très réaliste.

3.2. Le format graphique SVG

Le format SVG (Scalable Vector Graphics) est né des efforts conjugués du World Wide Web Consortium (W3C) et de ses membres, dont fait partie, entre autre, Adobe. Il s'agit d'un format compatible XML qui constitue le nouveau langage de génération de site Web. Il dépasse de loin les technologies Web plus anciennes par ses fonctions dynamiques :

- **Palette de couleurs et réglage colorimétrique améliorés** : 16 millions de couleurs, vues panoramiques et zooms sans pixellisation quelle que soit l'échelle, support des profils ICC et du sRVB, dégradés, masques... Autant de fonctions qui permettront d'obtenir à l'écran une qualité graphique équivalente à celle obtenue en impression.
- **Typographie plus belle** : des commandes sophistiquées telles que le crénage, le placement de texte le long de contours et les ligatures, ainsi qu'un choix de polices illimité, permettent d'obtenir du texte de plus belle qualité acceptant les modifications et les recherches.
- **Format de fichier supérieur** : le SVG est un ensemble de commandes texte compatibles XML similaire au langage PostScript, qui permet de produire des graphiques résidant entièrement sur une page Web.
- **Interactivité dynamique** : le SVG peut aider à mettre en avant ses pages Web, en répondant par exemple aux commandes de l'utilisateur par des surlignements, notes, effets spéciaux, animations et modifications en temps réel du texte HTML environnant. Etant donné que les graphiques SVG sont plus rapides que les fichiers bitmap, le SVG vous épargnera la voie des véhicules lents sur les autoroutes de l'information.
- **Impression de meilleure qualité** : grâce à un modèle de couleurs fiable, le SVG s'imprime avec des couleurs fidèles à celles de l'écran, et avec la résolution maximale de l'imprimante. Finis les effets d'escaliers et les images floues qu'on obtient fréquemment en imprimant les actuelles images Web.

SVG supporte ainsi les profils ICC, le sRVB, la transparence, les contours de sélection, les masques, les dégradés et les anti-alias. Il évite donc de revoir ses créations à la baisse pour les utiliser sur le Web.

Le format SVG 1.1 vient de devenir une recommandation W3C en date du 15/01/2003. Cette version introduit, entre autres, deux nouveaux profils de SVG : le SVG Basic et le SVG Tiny dont le but est d'optimiser le rendu en fonction du «matériel» sur lequel le fichier est visualisé. Ainsi un téléphone portable ou un PDA, par exemple, n'ayant pas les mêmes possibilités d'affichage qu'un PC, certains filtres pourront donc être désactivés pour un meilleur rendu.

3.3. Les feuilles de style CSS

Le concept de feuilles de style est apparu en 1996 avec la publication par le W3C d'une nouvelle recommandation intitulée *Cascading Style Sheets* (feuilles de style en cascade).

Les feuilles de style ont été mises au point afin de compenser les manques du langage HTML en ce qui concerne la mise en page et la présentation. En effet, le HTML offre un certain nombre de balises permettant de mettre en page et de définir le style d'un texte, toutefois chaque élément possède son propre style, indépendamment des éléments qui l'entourent. Ainsi, lorsque la charte graphique d'un site composé de plusieurs centaines de pages Web doit être changée, il suffit de modifier la définition des feuilles de style en un seul endroit pour changer l'apparence du site tout entier !

Le principe des feuilles de style consiste à attribuer des caractéristiques de mise en forme à des groupes d'éléments. Il est par exemple possible de décider de créer un groupe de titres en police Arial, de couleur verte et en italique. On définit par un nom une caractéristique de mise en forme, il suffit ensuite de l'appeler pour l'appliquer à un texte. On les appelle «feuilles de style en cascade» («Cascading Style Sheets») car on peut en définir plusieurs, et, en cas de redondance de style, un ordre de priorité est donné par le navigateur. La nouvelle version CSS 3 contient une série de nouvelles propriétés permettant de définir le profil ICC à utiliser pour l'affichage des images. En particulier, la propriété « Color-profile » a le format suivant :

Name :	color-profile
Value :	auto | sRGB | <uri> | inherit
Initial :	auto
Applies to :	all elements
Inherited :	yes
Percentages :	N/A
Media :	visual

Le paramètre « **Value** » peut prendre les valeurs suivantes :

- **Auto** : c'est la valeur par défaut. Toutes les couleurs sont supposées être définies dans l'espace colorimétrique sRGB sauf si un profil spécifique est encapsulé dans le fichier image. C'est ce dernier qui est utilisé dans ce cas.
- **sRGB** : le profil utilisé est sRGB. Il diffère du paramètre « auto » par le fait qu'il ne tient pas compte d'un éventuel profil encapsulé dans l'image.
- **<uri>** : c'est le nom et l'emplacement du profil ICC spécifique à utiliser. La forme peut être la suivante : IMG { color-profile : «http://www.mes-couleurs.fr/images/profiles/xyz.icm» }

Pour la méthode de rendu, on a la propriété « **rendering-intent** » avec les attributs :

Name :	rendering-intent
Value :	auto | perceptual | relative-colorimetric | saturation | absolute-colorimetric | inherit
Initial :	auto
Applies to :	all elements
Inherited :	yes
Percentages :	N/A
Media :	visual

Un exemple de feuille de style peut être le suivant :

```
BODY {
  color : black;
  background : white;
  color-profile : sRGB;
  rendering-intent : auto
}
```

```
:link { color : blue; }
:visited { color : purple; }

IMG,OBJECT {
  color-profile : auto;
  rendering-intent : auto
}
```

Ces nouvelles propriétés des feuilles de style constituent une avancée dans l'utilisation de la couleur dans les pages Web. Les spécifications du module « CSS3 : Color » sont disponibles à l'adresse :

http://www.w3.org/TR/2001/WD-css3-color-20010305#icc-color

3.4. Le concept « The Right Color » de Pantone

Internet comporte une multitude de sites proposant la vente en ligne de produits divers comme des vêtements ou des articles de décoration. Il est dans ce cas essentiel de pouvoir se rendre compte de la couleur réelle des articles avant de passer commande. Le système « The Right Color » de Pantone (*www.therightcolor.com*) se compose d'un guide comportant de l'ordre de 1800 échantillons référencés qui permet de vérifier la couleur des produits exposés en ligne (fig. 6.13) et d'un générateur de couleurs, le « Swatch Generator » qui est installé sur le serveur de la société qui com-

Fig.6.13

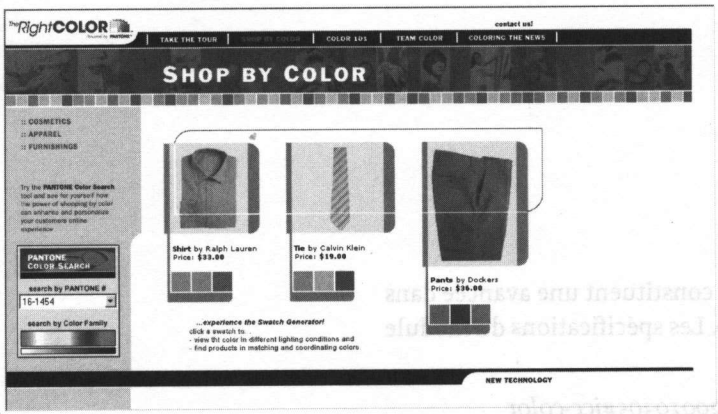


Fig.6.14

Fig.6.15

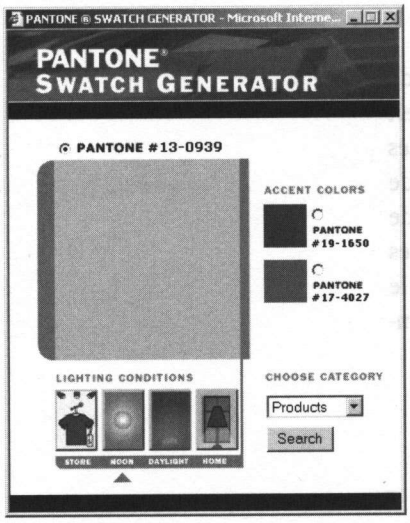


Fig.6.16

mercialise les produits. Après avoir sélectionné un produit (fig.6.14 – 6.15), il suffit de cliquer sur l'icône de couleur située au-dessous de l'article. Une nouvelle fenêtre s'ouvre (fig.6.16) et affiche une version agrandie de la couleur sélectionnée ainsi qu'une série de boutons permettant de faire varier la couleur en fonction du type d'éclairage (artificiel, solaire, lumière du jour).

3.5. Le système « Verifi » de Imation

Ce système permet à l'acheteur potentiel de calibrer visuellement en ligne son moniteur grâce à un système de gestion de couleurs qui s'active à l'aide d'une icône située sur la page Web du site commercial. Le programme tourne sur le serveur de la société et le visiteur ne doit rien télécharger. Pour expérimenter le processus il suffit de se rendre sur le site *http://www.verifi.net* et de cliquer sur le lien « Try the Demos » (fig.6.17). La procédure est ensuite la suivante :

1. Sélectionner la gamme de produits. Par exemple : Specials (fig.6.18).
2. Cliquer sur l'icône située au-dessous de la deuxième image. Cela va lancer la procédure de calibration (fig.6.19).
3. Cliquer sur le bouton CRT ou LCD situé en bas à droite pour sélectionner le type d'écran (fig.6.20).

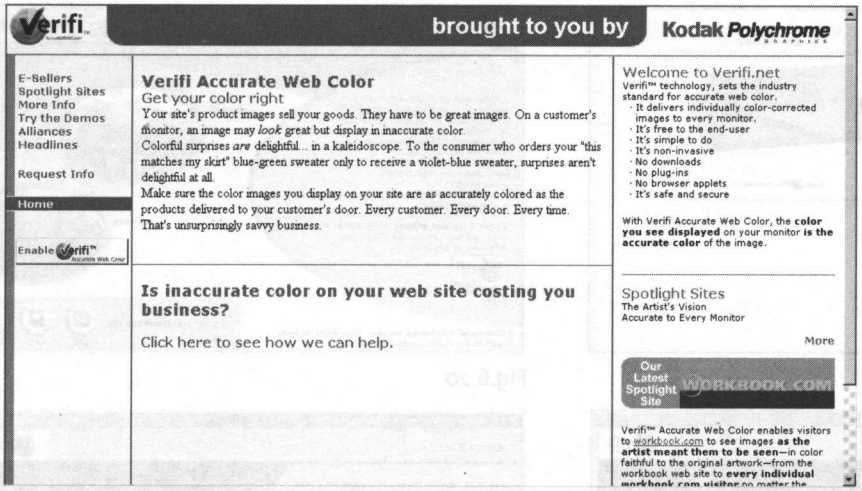


Fig.6.17

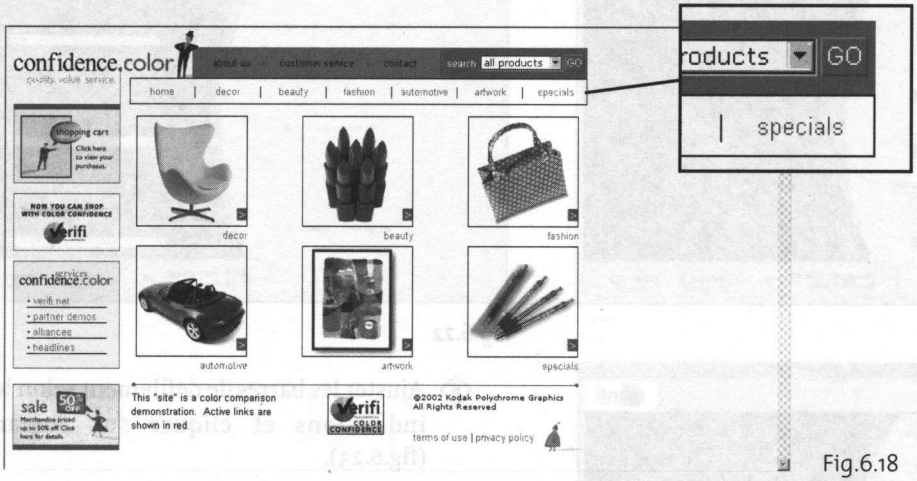


Fig.6.18

④ Paramétrer le contraste et la luminosité de l'écran et cliquer sur Suivant (fig.6.21).

⑤ Ajuster les barres de couleur RVB suivant les indications et cliquer sur Suivant (fig.6.22).

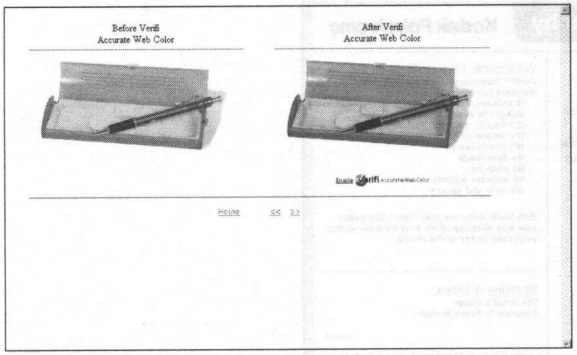


Fig.6.19

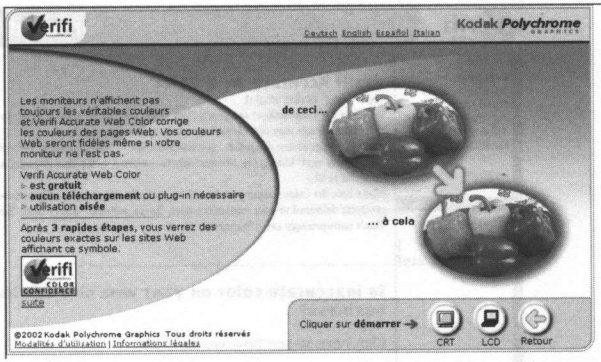


Fig.6.20

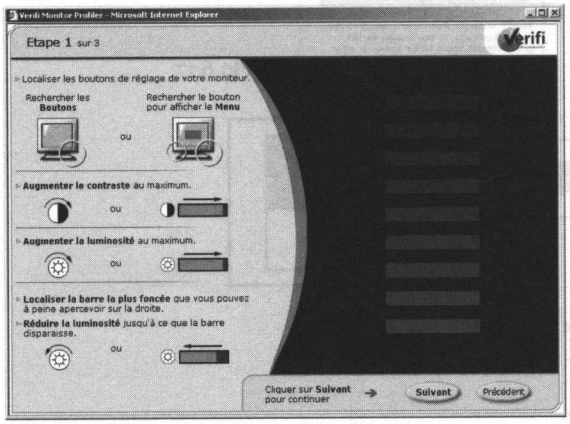


Fig.6.21

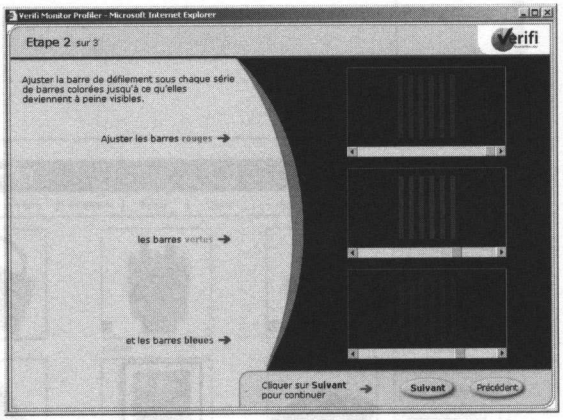


Fig.6.22

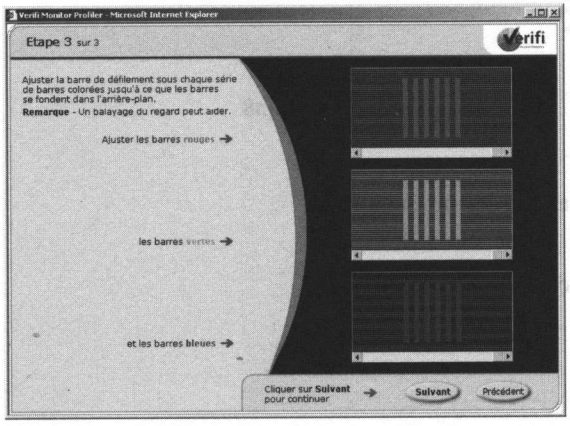


Fig.6.23

⑥ Ajuster les barres de défilement selon les indications et cliquer sur Suivant (fig.6.23).

⑦ Cliquer sur Terminer (fig.6.24).

⑧ L'écran est à présent calibré et une icône de couleur vient se placer au-dessous de l'image située à droite (fig.6.25).

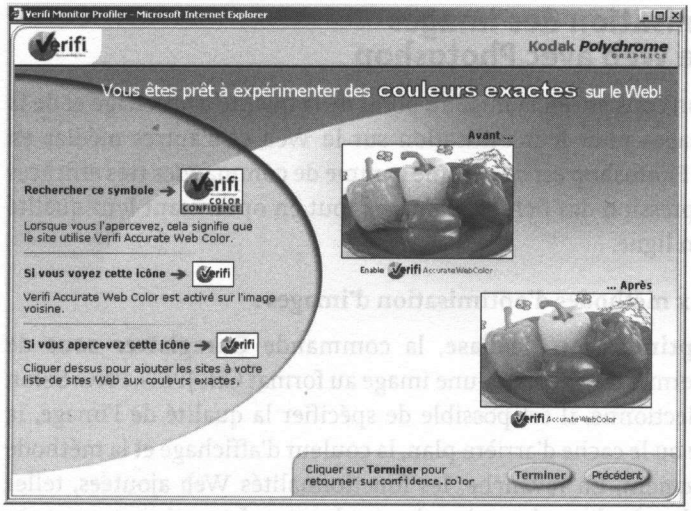


Fig.6.24

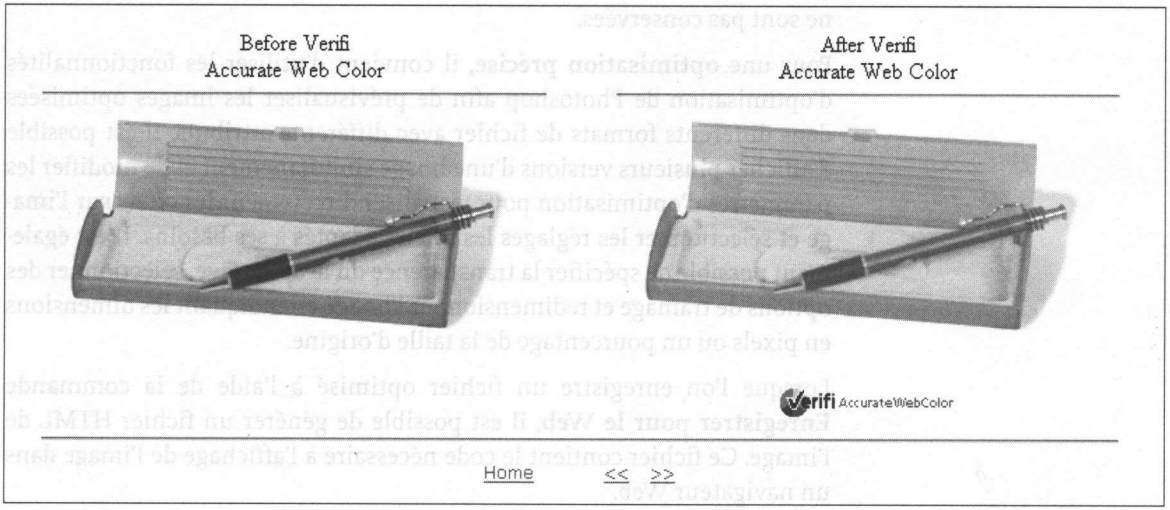


Fig.6.25

L'information issue de la procédure de calibration est stockée sur l'ordinateur du visiteur dans un fichier particulier dénommé « cookie ». A chaque visite sur un site compatible Verifi, le serveur va lire le contenu de ce fichier et va adapter les couleurs de l'image en fonction des caractéristiques du moniteur.

4. L'optimisation des images pour le Web avec Photoshop

L'optimisation consiste en la mise au point de la qualité d'affichage et de la taille des images pour leur utilisation sur le Web et d'autres médias en ligne. Adobe Photoshop est doté d'une gamme de commandes très efficaces pour la compression des fichiers d'images tout en optimisant leur qualité d'affichage en ligne.

Il existe deux méthodes d'optimisation d'images :

Pour une **optimisation de base**, la commande **Enregistrer sous** de Photoshop permet d'enregistrer une image au format GIF, JPEG, PNG. Selon le format sélectionné, il est possible de spécifier la qualité de l'image, la transparence ou le cache d'arrière-plan, la couleur d'affichage et la méthode de téléchargement. En revanche, les fonctionnalités Web ajoutées, telles que les tranches, les liens, les animations et les transformations par souris, ne sont pas conservées.

Pour une **optimisation précise**, il convient d'utiliser les fonctionnalités d'optimisation de Photoshop afin de prévisualiser les images optimisées dans différents formats de fichier avec différents attributs. Il est possible d'afficher plusieurs versions d'une image simultanément et de modifier les paramètres d'optimisation pour visualiser directement les effets sur l'image et sélectionner les réglages les mieux adaptés à ses besoins. Il est également possible de spécifier la transparence ou le détourage, sélectionner des options de tramage et redimensionner l'image en indiquant les dimensions en pixels ou un pourcentage de la taille d'origine.

Lorsque l'on enregistre un fichier optimisé à l'aide de la commande **Enregistrer pour le Web**, il est possible de générer un fichier HTML de l'image. Ce fichier contient le code nécessaire à l'affichage de l'image dans un navigateur Web.

4.1. Les formats de fichier

Pour inclure des images dans une page Web, il existe deux formats qui peuvent être affichés directement «en ligne» sans avoir besoin d'un plugin de visualisation complémentaire. Il s'agit des formats bitmaps GIF et JPEG. À cela s'ajoute un nouveau format plein de promesses qui réunit de nombreux avantages de GIF et de JPEG : le format PNG. Ce format est aussi supporté par les navigateurs plus récents même si c'est de façon inégale et souvent incomplète. Au niveau du graphisme vectoriel, la diffusion sur le Web est encore assez confidentielle. Le format qui promet beaucoup dans cette optique est le format SVG basé sur XML, abordé au point 3.2.

Le format GIF

Le format GIF, qui signifie Graphics Interchange Format, a été développé par CompuServe en 1987 pour permettre un échange rapide de fichiers graphiques sur les lignes téléphoniques. Il s'agit d'un format de compression qui permet de réduire au maximum le temps de transmission. Il utilise à cet effet l'algorithme de compression LZW (pour Lempel, Ziv, Welch) qui a été à l'origine développé par l'équipe Lempel-Ziv puis amélioré par Terry Welch de la société Sperry. LZW réduit la taille d'un fichier d'un facteur 4 à 5 et cela sans perte de qualité. Le format GIF se présente sous deux formes différentes : GIF87a, le format d'origine, et GIF89a qui comprend une série de fonctions supplémentaires dont l'effet de transparence.

Le format GIF possède une série d'avantages pour le Web. En effet, la plupart des logiciels de graphisme savent lire et écrire en GIF, ce qui en fait un format universel. D'autre part, la compression utilisée dans le format GIF est rapide à décoder, il en résulte que les images s'affichent rapidement sur la plupart des ordinateurs. Le format GIF est particulièrement bien adapté pour des dessins au trait et des images ne comportant pas trop de changements de couleurs. A ce propos, une image présentant beaucoup de changements de couleurs dans le sens horizontal sera plus lourde qu'une image présentant plus de changements dans le sens vertical. Ce phénomène est dû au procédé de compression utilisé par le format GIF qui mémorise ligne par ligne toute modification de couleur dans le sens horizontal.

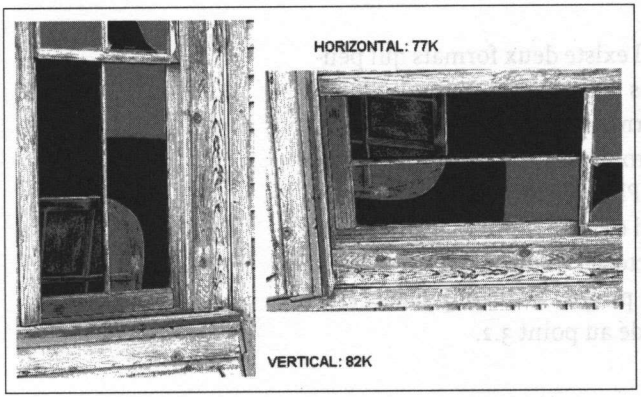


Fig.6.26

Pour vérifier cette constatation il suffit, par exemple, d'ouvrir un fichier présentant des motifs horizontaux ou verticaux, de le transformer en mode indexé et de le sauvegarder au format GIF. Le poids de l'image illustrée à la figure 6.26 est de 82 K. Cette image présentant plus de changements de couleurs dans le sens horizontal que vertical il convient de la tourner de 90 degrés, puis la sauvegarder. Après vérification, on constate que le poids de l'image tournée a diminué à une valeur de 77 K.

Le format GIF possède trois caractéristiques complémentaires qui le rendent particulièrement intéressant pour le Web :

- **Interlaçage** : un graphique sauvegardé en mode interlacé n'est pas lu et construit ligne par ligne lors de son chargement mais couche par couche. Ce qui est une aide pour le chargement de pages Web. Car, ainsi, la structure de base du graphique apparaît très vite à l'écran chez l'utilisateur. Lors de la suite du processus de lecture, le graphique devient toujours plus précis et sa résolution plus fine à l'écran.
- **Animation** : le format GIF offre la possibilité de sauvegarder plusieurs graphiques en un seul fichier graphique. A l'aide de cette propriété, il est possible de réaliser des graphiques GIF animés.
- **Couleur transparente** : le format GIF travaille avec des palettes de couleurs indexées, donc avec un nombre limité de couleurs. Il offre la possibilité de définir une de ces couleurs comme couleur « transparente ». Cela permet lors de l'affichage de faire apparaître les éléments qui sont placés sous le graphique aux endroits où le graphique est transparent (fig.6.27).

L'inconvénient principal du GIF est qu'il ne permet de coder les images que sur 256 couleurs.

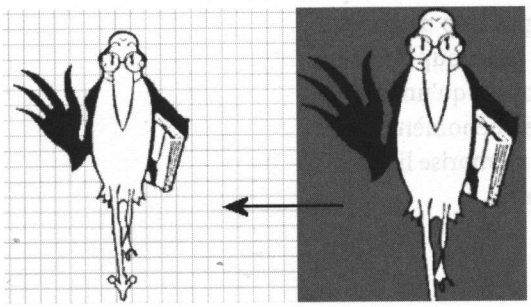


Fig.6.27

Le format JPEG

Le format JPEG a été mis au point par le *Joint Photographic Expert Group* pour répondre au besoin de trouver un moyen de compression pour les images photographiques de haute qualité. La compression JPEG est une méthode de compression dite « à perte » : elle assure un stockage plus économique des données, mais identifie et supprime aussi les données «récurrentes» dans un fichier image. Cela signifie que certaines informations ne peuvent être récupérées au moment de la décompression. La qualité de l'image peut donc être altérée. La compression des images au format JPEG est ajustable. Plus la compression est élevée (et donc plus le fichier est petit), plus la qualité de l'image baisse. Les images photographiques peuvent habituellement supporter des ratios de 20/1 avant que la distorsion engendrée par la perte de données ne vienne modifier l'aspect de l'image.

Le format JPEG est donc le choix par excellence pour l'affichage des images volumineuses (haute capacité de compression) et pour l'affichage des images photographiques de haute qualité (16,7 millions de couleurs). L'utilisation du format JPEG est à déconseiller pour les images simples, c'est-à-dire avec moins de 16 couleurs ou avec de larges plages d'une même teinte, car l'algorithme de compression risque de les dégrader assez fortement.

Il existe une variante des graphiques JPEG appelée « Progressif JPEG ». De façon similaire au format GIF « interlaçé », l'image se construit par couches successives à l'écran pour un affichage de plus en plus précis.

L'inconvénient majeur du format JPEG, c'est la qualité de l'image après modification. C'est pourquoi, les membres du groupe JPEG, se sont remis à travailler sur l'élaboration d'un nouveau format de codage d'images plus performant : le JPEG 2000. Entre autres possibilités, le format JPEG 2000 permet, dans une zone définie, des manipulations géométriques telles que la rotation, la permutation du paysage par rapport au portrait. Le format JPEG 2000 permet de définir une ou plusieurs zones d'une image afin d'en préserver la qualité. En effet, ce système permet de dégrader les régions les moins stratégiques de l'image tout en gardant intacte la zone sélectionnée.

Le format PNG

PNG (Portable Network Graphics) est le nouveau format graphique développé sur la base des recommandations du consortium W3 (1996), pour remplacer le format GIF qui est soumis à des droits d'auteur de la part d'Unisys. Codé sur 24 bits et sans déperdition, ce nouveau format offre une amélioration considérable de la spécification GIF89a. Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- **Compression sans pertes :** PNG comprime sans perte de données comme le format GIF. L'algorithme de compression mis en œuvre travaille de façon similaire à celle du format ZIP.
- **Intensité de couleurs plus transparence :** PNG soutient 16,7 millions de couleurs comme le format JPEG, mais permet aussi la sauvegarde avec couleurs indexées donc avec une palette de couleurs limitée et la sauvegarde en niveaux de gris. Outre les trois valeurs de couleurs pour le rouge, le vert et le bleu, le format PNG peut en plus sauvegarder une quatrième valeur par pixel, à savoir le canal alpha. La valeur alpha sauvegarde le degré de transparence du pixel.
- **Fonction Interlaced :** comme le format GIF et le format JPEG dans sa variante «progressive», PNG soutient la construction du graphique par couche (fonction Interlaced). Avec PNG, 1-2% des données transmises suffisent déjà pour pouvoir afficher une ébauche de l'image.
- **Informations sur la correction Gamma :** le format PNG permet la sauvegarde d'une série d'informations complémentaires relatives à l'image, parmi lesquelles la valeur Gamma, qui par exemple était déterminante lors de la prise de vue. Les navigateurs Web qui affichent l'image peuvent par exemple utiliser cette information pour, lors de l'affichage de l'image, effectuer une correction Gamma automatique en fonction de l'écran utilisé et du système d'exploitation. Cette propriété peut aider à éviter que la même image apparaisse différente sur divers écrans et plates-formes.
- **Informations sur la provenance de l'image et les droits :** le format PNG permet de sauvegarder des informations concernant le titre de l'image, l'auteur de l'image, la description de l'image, les droits, la date de création, le logiciel de création, la source des données ainsi que des remarques juridiques et coutumières sur la protection.

- **Animation** : le format PNG ne supporte pas les animations. Il existe cependant son équivalent qui supporte les animations : le format MNG. Sa définition étant très récente, son principal inconvénient est de ne pas être reconnu de la plupart des logiciels.

L'inconvénient principal du PNG est qu'il n'est pas reconnu par les anciens navigateurs.

4.2. L'optimisation pour le Web

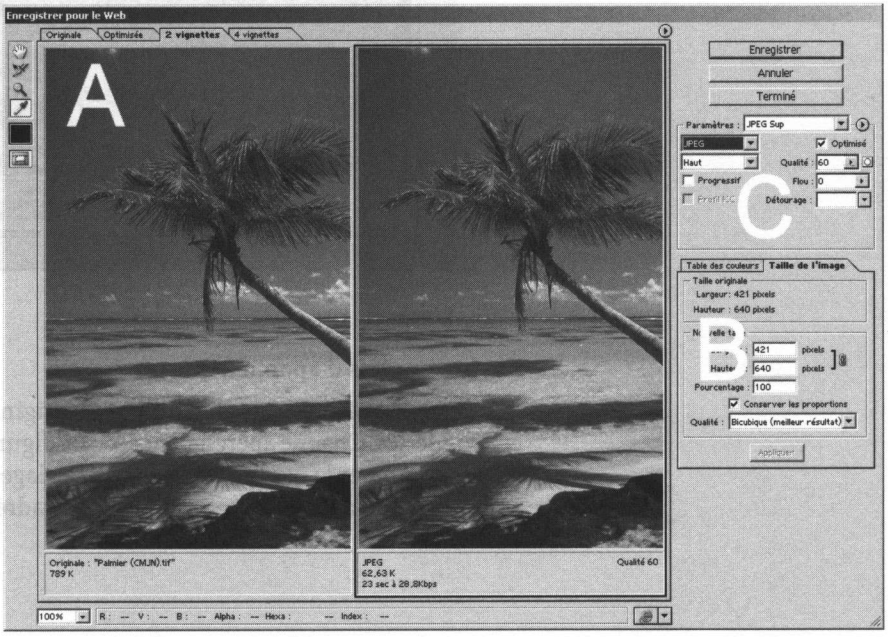
Photoshop 7.0 dispose d'une boîte de dialogue spécialement dédiée à l'optimisation et l'enregistrement des images pour le Web.

La boîte de dialogue « **Enregistrer pour le Web** » peut être activée à partir du menu **Fichier** de Photoshop (fig.6.28).

Cette boîte est un environnement complet pour la conversion et l'optimisation des images pour le Web, les zones principales sont les suivantes :

- Espace d'affichage de l'image source et de son aspect une fois convertie (A).
- Espace de modification de taille et d'affichage des palettes de couleur (B).
- Espace de configuration des différents formats de sortie (C).

Fig.6.28



La zone d'affichage des images

La zone d'affichage comporte quatre onglets d'aperçu ainsi qu'une série d'outils (fig.6.29) :

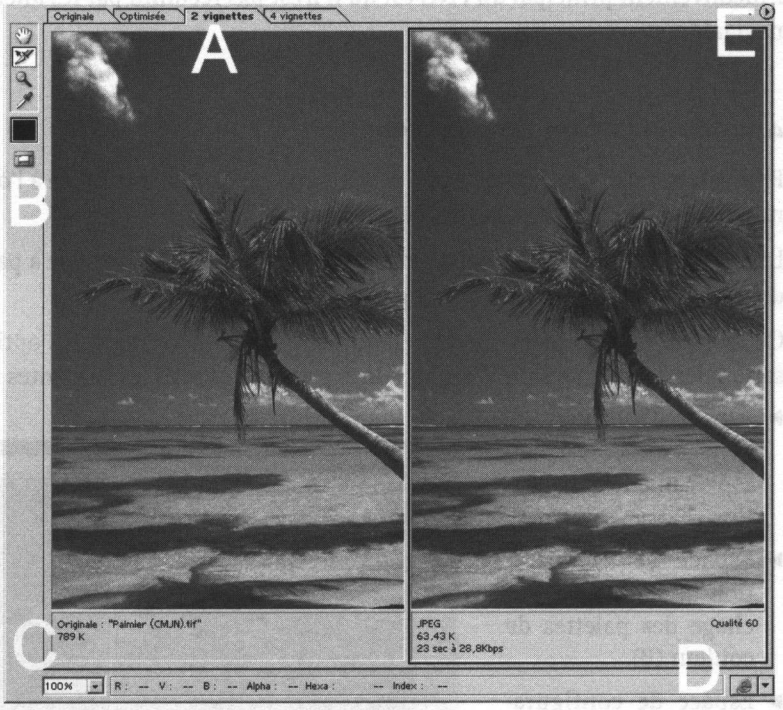


Fig.6.29

► **Les onglets d'aperçu (A)**

Quatre onglets sont disponibles : original, optimisé, 2 vignettes, 4 vignettes. Chaque aperçu peut être configuré différemment. Cela permet de comparer la qualité de différents réglages, par exemple entre un JPEG et un PNG 24 bits. L'aperçu actif est encadré en noir (fig.6.30).

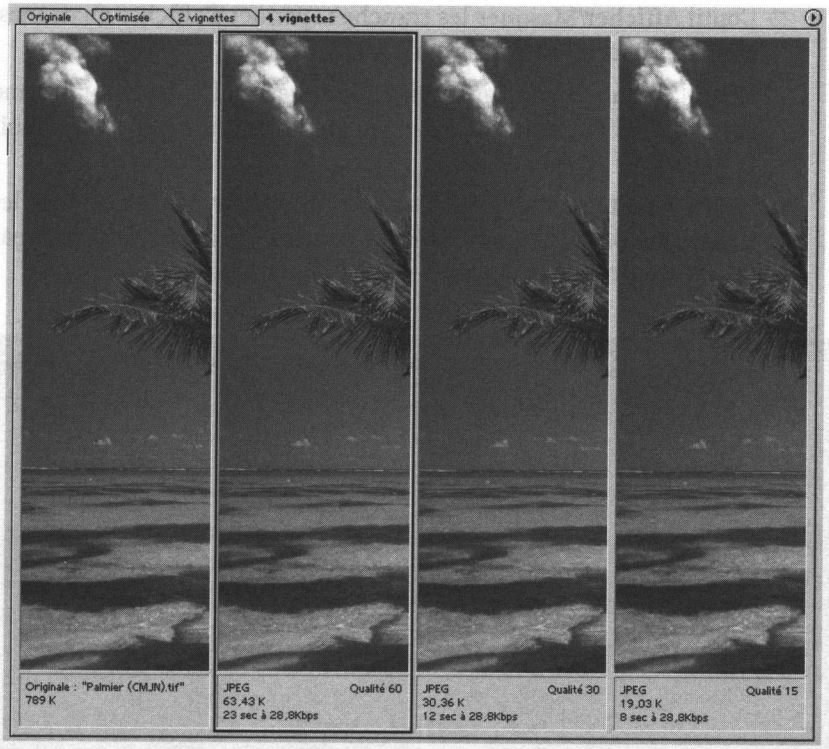


Fig.6.30

▶ **Les outils d'aperçu (B)**

Une série d'outils permettent de manipuler les différents aperçus. Il s'agit de :

- L'outil **Main** transforme le curseur et permet de déplacer les aperçus lorsqu'ils sont trop grands pour être affichés intégralement.
- L'outil **Sélection de tranche** permet de sélectionner la tranche à enregistrer. Pour rappel, une tranche est une zone rectangulaire d'une image que l'on peut utiliser pour créer des liens, des transformations par souris et des animations dans la page Web obtenue. La division d'une image en tranches permet de l'optimiser de façon sélective pour sa visualisation sur le Web.

- L'outil **Afficher/Masquer les tranches** : permet d'afficher ou de masquer les marques de tranches (fig.6.31).
- L'outil **Zoom** permet d'agrandir l'affichage de l'image. Il fonctionne comme dans Photoshop, un clic grossit l'image, un [Alt] + clic réduit l'image.
- L'outil **Pipette** permet de choisir la couleur de transparence pour les images à palette (GIF ou PNG8), la couleur choisie est indiquée par l'icône Couleur de la pipette.

Fig.6.31

► **Le Menu déroulant Zoom (C)**

Il propose différents formats de zoom.

► **Aperçu dans un navigateur (D)**

Cette option permet de générer une page Web temporaire où l'image est affichée avec les valeurs actives. Le nombre de navigateurs disponibles dépend de ceux qui ont été installés sur le système.

► **Le menu aperçu (E)**

Il permet de choisir le mode d'affichage des aperçus et de la vitesse de téléchargement de l'image en fonction du débit du modem (fig.6.32). En basculant du mode d'affichage Couleurs Windows standard en mode Couleurs Macintosh standard, on constate que l'affichage sur Macintosh est plus clair que sur un PC sous Windows (fig.6.33).

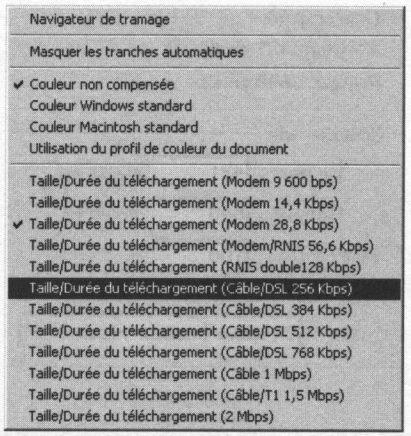


Fig.6.32

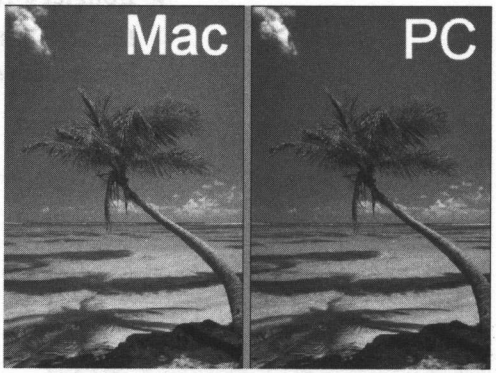


Fig.6.33

La zone Configuration de la taille de sortie

Cette zone comprend l'affichage des palettes et la configuration de la taille des images :

► **L'onglet « Taille de l'image » (fig.6.34)**

Les fonctions proposées par cet onglet sont identiques à celles de la boîte de dialogue **Image** › **Taille de l'image** de Photoshop. Son intérêt est de pouvoir réduire la taille des images exportées sans modifier l'original.

La **Largeur** et la **Hauteur** de l'image en sortie s'expriment en pixels (les autres unités de mesure – cm, pouce, etc. – n'ont aucun intérêt pour un affichage écran).

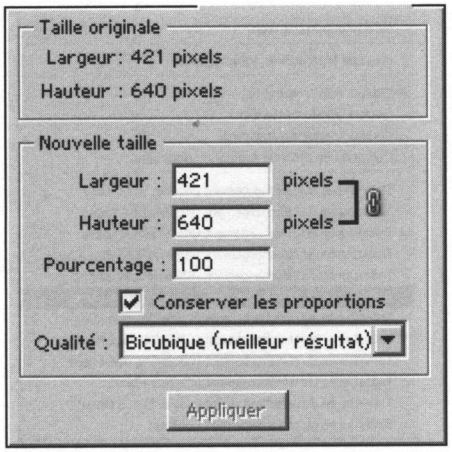


Fig.6.34

Le menu **Qualité** est analogue au menu **Rééchantillonnage** qu'on trouve dans la boîte **Taille de l'image**. Il est toujours préférable de choisir la qualité **Bicubique**. L'option **Au plus proche** n'est utile que si l'on ne dispose que d'une machine peu performante.

► **L'onglet « Table des couleurs » (fig.6.35)**

La table des couleurs permet d'afficher les couleurs utilisées dans les images GIF et PNG-8 optimisées (ainsi que dans les images d'origine en mode Couleurs indexées). Avec un maximum de 256 couleurs, on peut ajouter ou supprimer des couleurs de la table des couleurs, remplacer des couleurs sélectionnées par d'autres couleurs ou des transparences et verrouiller des couleurs pour éviter qu'elles ne soient supprimées de la palette.

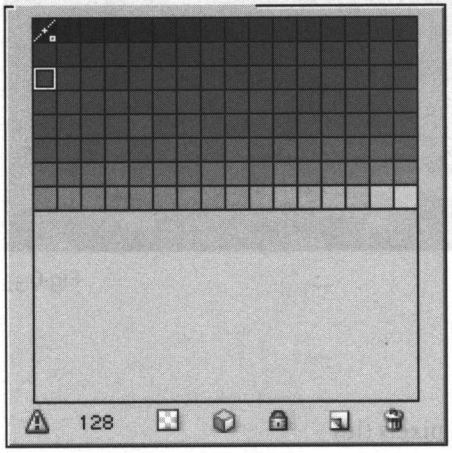


Fig.6.35

La zone Choix et Configuration des formats de sortie

Trois formats d'images sont couramment utilisés sur le Web : GIF, JPEG et PNG. Chacun d'eux dispose de propriétés spécifiques, notamment le PNG qui se décline en deux sous-formats : le PNG 8 bits et le PNG 24 bits. On dispose donc concrètement de quatre formats. Outre les caractéristiques de chaque format, Photoshop propose des modes de conversion de couleurs entre l'image d'origine et l'image Web de destination (fig.6.36).

Le menu **Paramètres** permet de choisir des réglages prédéfinis par les développeurs de Photoshop ou des réglages enregistrés par l'utilisateur. Plus couramment, le menu **Format de fichiers optimisés** propose les quatre formats standard. Il suffit de sélectionner celui qu'on souhaite.

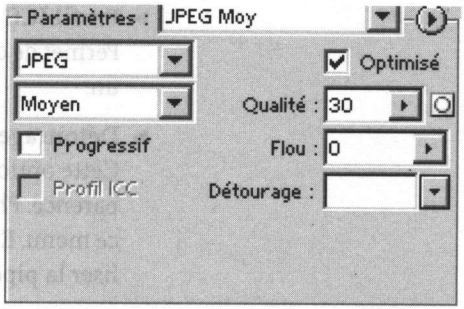


Fig.6.36

Le format JPEG

Les paramètres sont les suivants :

- **Optimisation**

  Le champ **Optimisé** permet de réduire légèrement la taille du fichier JPEG mais au prix d'une perte de compatibilité avec les navigateurs et les logiciels anciens.

- **Qualité**

  Photoshop propose deux façons de choisir la qualité de sortie du fichier :

  - Une liste déroulante présentant 4 niveaux de qualité courants : Bas, Moyen, Haut, Maximal.
  - Un champ de valeurs permettant de choisir ou d'entrer plus finement la qualité (de 0 à 100). Le niveau de qualité Haut (60 %) présente en général un bon équilibre entre l'aspect visuel de l'image et le poids du fichier.

- **Affichage progressif**

  Lorsque le champ Progressif est coché, l'image générée s'affichera progressivement dans le navigateur durant son chargement. Cela n'a d'intérêt que pour les images lourdes. L'image progressive peut poser des problèmes de compatibilité.

- **Flou**

  Lorsque le niveau de qualité est bas (et donc la compression élevée) le JPEG produit des artefacts particulièrement laids. La fonction **Flou** tente de remédier à cela en les atténuant. Le flou va de 0 (aucun flou) à 2. Au-delà de la valeur 0.25, le flou devient vraiment agressif. Cette option applique un effet identique à celui du filtre Flou gaussien et permet une compression plus élevée du fichier, résultant en un fichier plus petit.

► **Profil ICC**
Permet de conserver le profil de couleurs d'une image qui en possède déjà un.

► **Détourage**
Cette option est réservée aux images dont l'original est doté d'une transparence. Photoshop remplace la transparence par la couleur choisie dans ce menu. En effet, le JPEG ne gère pas la transparence. Il est possible d'utiliser la pipette pour choisir la couleur de remplissage.

Les formats GIF et PNG-8

Le format GIF est le format de compression d'images standard avec des couleurs continues et des détails précis, tels que des dessins au trait, des logos ou des illustrations contenant du texte. On peut réduire la taille des images GIF en réduisant le nombre de couleurs du fichier. Tout comme le format GIF, le format PNG-8 compresse efficacement les zones de couleur continue tout en préservant les détails précis ; toutefois, certains navigateurs Web ne peuvent pas afficher les fichiers au format PNG-8. Les paramètres PNG-8 sont similaires aux paramètres GIF (fig.6.37).

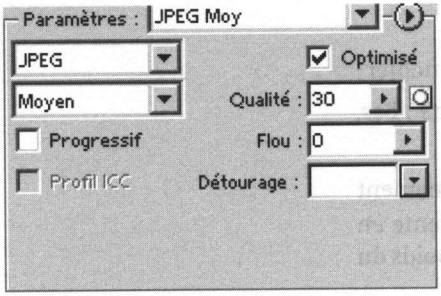


Fig.6.37

Les paramètres sont les suivants :

► **Perte (GIF uniquement)**
Spécifie une valeur de perte autorisant une compression avec perte. La compression avec perte réduit la taille du fichier en éliminant certaines données de l'image (le volume de données supprimées est proportionnel à cette valeur). Une valeur de 5 à 10 (et parfois à 50) peut être appliquée sans que l'image ne soit dégradée. L'option Perte permet souvent d'obtenir une réduction de la taille des fichiers de 5 à 40 %.

► **Algorithme de réduction des couleurs**
Une image a souvent plus de 256 couleurs, il faut donc en retirer pour passer au GIF ou au PNG-8. La réduction du nombre de couleurs est aussi un moyen de baisser le poids du fichier. Photoshop dispose d'un menu

proposant des modes de réductions prédéfinis. Les réductions sélectives, adaptatives et perceptives sont très proches les unes des autres : la plupart du temps les différences sont imperceptibles. La réduction Web est très différente, elle réduit de telle sorte que toutes les couleurs résultantes appartiennent à la palette des 216 couleurs de Netscape. Le but essentiel est d'éviter les effets de trames sur les écrans en 256 couleurs. Les options sont les suivantes :

- **Perception :** crée une table des couleurs personnalisée en donnant la priorité aux couleurs auxquelles notre œil est le plus sensible.
- **Sélective :** crée une table des couleurs similaire à la table Perception, mais en privilégiant les grandes zones de couleur et en conservant les couleurs Web. En général, cette table des couleurs restitue fidèlement les couleurs de l'image. Sélective est l'option par défaut.
- **Adaptative :** crée une table des couleurs personnalisée en échantillonnant les couleurs à partir du spectre apparaissant le plus souvent dans l'image. Par exemple, une image contenant uniquement les couleurs vert et bleu produit une table des couleurs constituée principalement de verts et de bleus. La plupart des images concentrent des couleurs dans des zones spécifiques du spectre.
- **Web :** utilise la table 216 couleurs standard commune aux palettes 8 bits (256 couleurs) Windows et Mac OS. Cette option permet de s'assurer qu'aucune simulation des couleurs n'est appliquée lorsque l'image est affichée en couleurs 8 bits (cette palette est également appelée palette Web sécurisée). Si l'image contient moins de couleurs que le nombre total spécifié dans la palette, les couleurs inutilisées sont supprimées. L'utilisation de la palette Web peut toutefois produire des fichiers de grande taille. Il est donc recommandé de l'utiliser uniquement lorsque l'on veut absolument éviter la simulation des couleurs dans les navigateurs.
- **Personnalisée :** préserve la table des couleurs actuelle comme palette fixe non mise à jour lorsque l'on apporte des modifications à l'image.
- **Mac OS :** utilise la table des couleurs 8 bits (256 couleurs) par défaut du système Mac OS, basée sur un échantillonnage uniforme des couleurs RVB. Si l'image contient moins de couleurs que le nombre total spécifié dans la palette, les couleurs inutilisées sont supprimées.

- **Windows :** utilise la table des couleurs 8 bits (256 couleurs) par défaut du système Windows, basée sur un échantillonnage uniforme des couleurs RVB. Si votre image contient moins de couleurs que le nombre total spécifié dans la palette, les couleurs inutilisées sont supprimées.

▶ **Couleurs (nombre)**

Ce champ permet de choisir le nombre de couleurs de la palette, moins il y en a plus l'image sera légère. La valeur Auto laisse Photoshop libre de décider de la réduction des couleurs ; en général, il choisit le nombre de couleurs minimal.

▶ **Tramage**

Le tramage correspond à la méthode de simulation des couleurs non disponibles dans le système d'affichage de couleurs de l'ordinateur. Les images contenant principalement des couleurs unies donnent de bons résultats sans tramage. Les images à tons continus (notamment les dégradés de couleur) donnent souvent de meilleurs résultats avec un tramage qui évite l'apparition de bandes de couleurs. Les options de tramage sont les suivantes :

- Sans tramage n'applique aucun tramage à l'image.
- Diffusion applique un motif aléatoire, en général moins visible que le tramage Motif. Les effets du tramage sont diffusés sur les pixels adjacents.
- Motif applique un motif carré semblable à une trame de simili pour simuler les couleurs absentes de la table des couleurs.
- Bruit applique un motif aléatoire, semblable au tramage Diffusion, mais sans diffusion du motif sur les pixels adjacents. Aucune ligne n'apparaît avec l'algorithme Bruit.

▶ **Transparence et cache**

Une des couleurs de la palette peut être rendue transparente à l'affichage afin d'obtenir un effet de détourage. Dans Photoshop, la transparence se règle sur l'image source grâce aux calques. Si la case transparence est cochée, la zone en question sera invisible dans le navigateur. Sinon, c'est la couleur Cache qui sera appliquée.

► **Entrelacé**
L'option Entrelacé permet de créer une image qui s'affiche en basse résolution dans le navigateur lorsque l'ensemble du fichier est téléchargé. Le téléchargement de l'image semble ainsi moins long et l'utilisateur peut vérifier son déroulement. Toutefois, cette option augmente la taille des fichiers.

► **Aligner sur Web**
Cette option spécifie une tolérance de glissement des couleurs vers leurs plus proches équivalents dans la palette Web (pour éviter le tramage des couleurs dans un navigateur). Le nombre de couleurs déplacées est proportionnel à cette valeur.

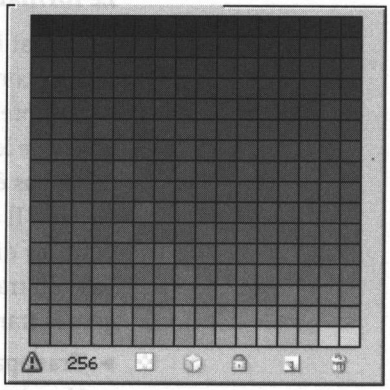


Fig.6.38

Bien que Photoshop dispose d'une série d'algorithmes de réduction des couleurs performant, il est en plus possible de choisir manuellement les couleurs à éliminer ou à conserver dans la palette des couleurs (fig.6.38).

Dans la table, chaque couleur est considérée comme un « objet » qu'on peut manipuler. Les couleurs peuvent être sélectionnées par un simple clic. Il est possible de réaliser des sélections multiples :

► en faisant (Maj ou Shift) + Clic pour sélectionner plusieurs couleurs juxtaposées ;

► en faisant Ctrl + Clic pour sélectionner plusieurs couleurs non juxtaposées.

Les options sont les suivantes :

► **Déplacement vers le Web** : transforme la couleur sélectionnée en son plus proche équivalent de la table des couleurs Web standard.

► **Verrouillage d'une couleur** : force les algorithmes de réduction automatiques à conserver les couleurs verrouillées.

► **Ajout d'une couleur** : permet d'ajouter la couleur de la pipette dans la palette.

► **Suppression d'une couleur** : élimine la ou les couleurs sélectionnées de la table.

Le format PNG-24

Le format PNG-24 gère le même type d'images que le JPEG (photographies, images complexes, etc.) mais il est nettement moins performant en termes de compression. Le JPEG peut réduire jusqu'à 40 fois le poids d'une image alors que le PNG-24 ne le réduit que de 2 fois. Par contre, il présente l'intérêt de ne pas être destructif : les couleurs de l'original sont intégralement respectées. Il est donc intéressant pour la conservation des images plutôt que pour les diffuser sur le Web. Une image conservée en PNG peut être une base de travail parfaite, ce qui n'est pas du tout le cas du JPEG. De plus, il gère la transparence, ce dont le JPEG est incapable.

- **Transparence et cache**
  Une des couleurs de la palette peut être rendue transparente à l'affichage afin d'obtenir un effet de détourage. Dans Photoshop, la transparence se règle sur l'image source grâce aux calques. Si la case transparence est cochée, la zone en question sera invisible dans le navigateur. Sinon c'est la couleur Cache qui sera appliquée.

- **Entrelacé**

  L'option Entrelacé permet de créer une image qui s'affiche en basse résolution dans le navigateur lorsque l'ensemble du fichier est téléchargé. Le téléchargement de l'image semble ainsi moins long et l'utilisateur peut vérifier son déroulement. Toutefois, cette option augmente la taille des fichiers.

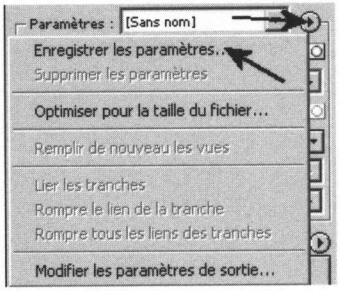


Fig.6.39

Enregistrement du paramétrage

Pour optimiser des images analogues pour le Web, il peut être fastidieux de devoir répéter les mêmes manipulations à chaque fois. Pour cela, Photoshop permet de sauvegarder les réglages effectués à l'aide du bouton **Optimiser le menu** (fig.6.39) situé à droite du menu Paramètres. Cette commande permet d'enregistrer les paramètres dans un fichier * . i r s situé dans le dossier Paramètres optimisés de Photoshop (fig.6.40).

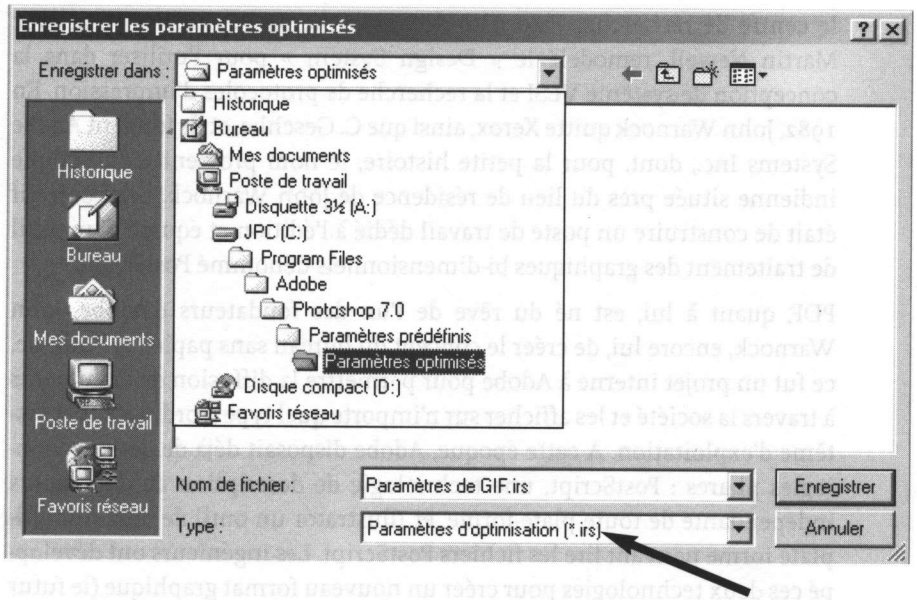


Fig.6.40

5. La diffusion des images via Internet : le format PDF

PDF est l'outil idéal pour la transmission de pages par Internet. C'est un format conçu pour assurer la transportabilité d'un document vers tous types de médias et assurer l'intégrité du document et de la mise en page. C'est également le format en passe de remplacer en partie PostScript dans le flux de production des acteurs du prépresse.

5.1. Un peu d'histoire

Les bases du langage Postscript ont été lancées en 1976 lorsque John Warnock était chez Evans et Sutherland Computer Corporation. A cette époque, son collègue John Gaffney développait un interpréteur pour analyser une grande base de données de graphiques tridimensionnels du port de New York. Gaffney a ainsi conçu pour cette application le langage « Design System » (très proche du langage FORTH). John Warnock a ensuite rejoint

le centre de recherches Palo Alto de Xerox (Xerox P.A.R.C.) où il a, avec Martin Newell, remodelé le « Design System » pour l'utiliser dans la conception de système VLSI et la recherche de protocoles d'impression. En 1982, John Warnock quitte Xerox, ainsi que C. Geschke, et ils fondent Adobe Systems Inc., dont, pour la petite histoire, le nom provient d'une crique indienne située près du lieu de résidence de John Warnock. Leur objectif était de construire un poste de travail dédié à l'édition et équipé d'un outil de traitement des graphiques bi-dimensionnels dénommé PostScript.

PDF, quant à lui, est né du rêve de l'un des fondateurs d'Adobe, John Warnock, encore lui, de créer le concept du bureau sans papier. A l'origine, ce fut un projet interne à Adobe pour permettre la diffusion de documents à travers la société et les afficher sur n'importe quel type d'ordinateur et système d'exploitation. A cette époque, Adobe disposait déjà de deux technologies phares : PostScript, une technologie de description de documents indépendante de toute plate-forme, et Illustrator un outil de dessin multi-plate-forme pouvant lire les fichiers PostScript. Les ingénieurs ont développé ces deux technologies pour créer un nouveau format graphique (le futur PDF) et des outils permettant de créer et de visualiser ces fichiers. Ce nouveau format, dénommé IPS (Interchange PostScript), fut présenté pour la première fois à la conférence Seybbold à San Jose en 1991. La version 1.0 de PDF fut annoncée au Comdex Fall en 1992.

5.2. Le fonctionnement de PostScript et PDF

PostScript est, comme on l'a signalé plus haut, un langage de description de page qui définit les différents composants d'un document créé dans un logiciel de mise en page. Dans la chaîne graphique, le fichier qui en résulte est transmis à un RIP (processeur d'image tramée), qui interprète le fichier avant de le transmettre à un périphérique de sortie PostScript, telle une imageuse. Le RIP interprète d'abord le fichier PostScript en créant une liste des objets contenus dans le document, puis il « rastérise » ces objets, par un processus qui transforme l'image décrite dans le fichier PostScript en un fichier bitmap composé d'une série de points.

En tant que langage de programmation, le PostScript peut supporter tout niveau de complexité au niveau de la page. Cette complexité peut être un avantage, comme elle peut être un désavantage : certains fichiers PostScript sont en effet énormes et nécessitent des heures de traitement avant de voir la première information affichée sur la page. Un autre avantage/désavantage est la flexibilité du PostScript. Il existe en effet une infinité de façons d'écrire les codes conduisant au même résultat. De part sa nature non structurée, PostScript est un langage descriptif par page extrêmement dépendant des pages. Cette dépendance signifie que le fichier complet doit être interprété dans un ordre séquentiel avant que ne soit imagée une seule page. De cette façon, les pages individuelles décrites dans un fichier PostScript ne peuvent pas facilement être extraites de ce fichier.

La création d'un fichier PDF (Portable Document Format) s'effectue à l'aide de l'outil Distiller d'Acrobat. Dans le processus d'interprétation (ou de distillation) d'un fichier PostScript, Distiller élimine tous les codes redondants ou inutiles, générant ainsi un fichier moins lourd et plus prévisible. Avec ce format plus petit, les PDF sont plus faciles à stocker et à transférer par voie électronique. Le PDF accélère le processus de production parce qu'il contient toute l'information requise pour l'édition numérique en bout de ligne (polices, graphiques, images). Etant partiellement rastérisé, le PDF est stable et fiable. Ce qui apparaît à l'écran apparaîtra également à la sortie du périphérique PostScript. Cependant, comme les PDF sont des fichiers partiellement « rippés », ils demeurent orientés objet, non traduits en bitmap, c'est-à-dire que chaque élément demeure identifiable, donc retraçable et modifiable. Comme le PostScript, le PDF est indépendant de l'application et de la plate-forme, ce qui signifie que quiconque peut obtenir une sortie du fichier quelle que soit la plate-forme ou l'application avec laquelle le fichier a été créé. De la même façon, il est également indépendant du périphérique et peut donc être acheminé vers une variété de périphériques : système d'épreuves, de films ou de gravure directe des plaques. Cela fait de PDF en particulier le format idéal pour l'imposition. Il devient ainsi un outil très intéressant pour le flux de production dans le domaine du prépresse et s'impose comme le standard pour la communication entre médias ou ordinateurs de différentes plate-formes.

5.3. Le flux de production PDF

Le flux de production numérique qui se met en place progressivement à l'heure actuelle est, pour rappel, le résultat de l'irruption de l'informatique dans les métiers des arts graphiques qui a démarré au début des années 80 par l'apparition du scanner rotatif puis, quelques petites années plus tard, par la vulgarisation du Desktop publishing et du Macintosh.

Si, au niveau du format de fichier, le PostScript est, à l'heure actuelle, encore le format généralement adopté, il n'en reste pas moins qu'il est parvenu au bout de ses possibilités et, surtout, qu'il est imprévisible. Ce défaut a d'ailleurs donné naissance aux deux grands formats Tiff-IT et PDF. Le format PDF est ainsi en train de devenir le successeur du PostScript et tous les fournisseurs sans exception s'y intéressent et développent des plug-ins pour Acrobat, lui ajoutant des fonctionnalités qui en font un outil aujourd'hui extrêmement attractif. On peut ainsi citer : CreoScitex et Heidelberg avec le flux de production Prinergy ; Heidelberg avec la Delta List, Agfa avec Apogée, etc. Outre ces systèmes intégrés de constructeurs il existe également plusieurs outils permettant à tout un chacun de mettre en place son propre flux de production. Des outils comme Lantana Crackerjack, Quite Revealing... distribués par Quartet (*http://www.quartet.fr*) en sont de bons exemples.

Quel que soit son usage, le rôle essentiel de PDF est de permettre au concepteur d'un travail de le transmettre, en toute sécurité, sans se préoccuper de la nature de la plate-forme chargée de le réceptionner. L'intégrité du document et de la mise en page est assurée.

Cependant, PDF n'est pas vraiment éditable. Ou alors très difficilement. Dans un flux de production, il n'est cependant pas rare que l'imprimeur ou le prestataire de services doive pouvoir entrer dans le fichier, vérifier certains paramètres et éventuellement le modifier pour les corrections de dernière minute. Il n'est pas rare de devoir contrôler si l'image est RVB ou CMJN, de vérifier s'il existe de la transparence, etc. Il existe à cet effet des plugins pour Acrobat qui permettent aux flasheurs et aux imprimeurs de visualiser et de corriger les objets constitutifs d'un fichier PDF. Un outil comme Quite Revealing (fig.6.41) utilise une méthode très visuelle pour

permettre les différents contrôles de dernière minute. Il s'adresse tout particulièrement aux flasheurs et aux imprimeurs. Il leur permet de localiser facilement les objets et les paramètres critiques d'un document PDF, de les visualiser et de les corriger. Il analyse ainsi les couleurs, les profils colorimétriques, les polices, les surimpressions, les transparences, les fonctions de transfert et les informations de trames. Revealing autorise aussi un certain nombre de corrections que l'on peut aussi automatiser avec la commande de traitement par lot d'Acrobat 5. Une version de démonstration est disponible à l'adresse : *http://www.quartet.fr/revealing.html.*

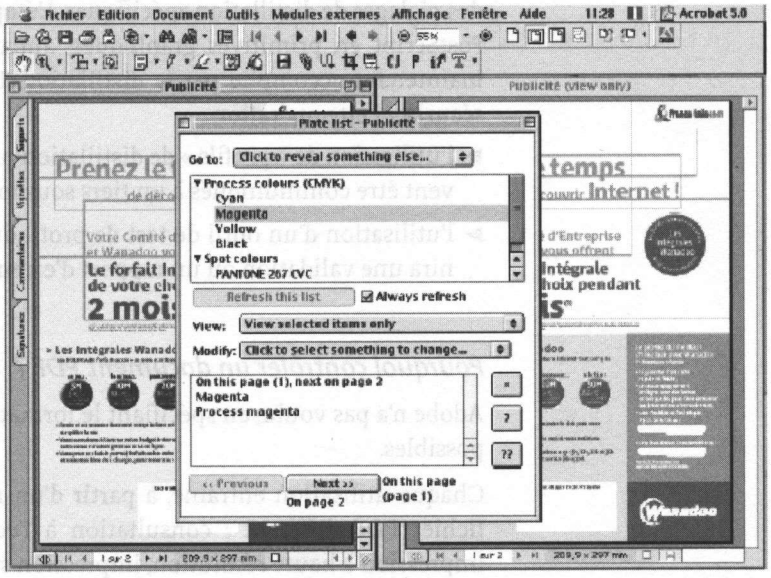


Fig.6.41

5.4. Le PDF sécurisé

Un fichier PDF destiné à l'impression professionnelle peut cumuler des erreurs de conception du document, des erreurs de distillation ou d'export PDF et des erreurs de préparation. Les erreurs de conception, telles que les images basse résolution ou tramées, ne sont évidemment pas corrigées. Les couleurs RVB sont acceptées au prix d'une incertitude sur les teintes obtenues, incertitude maintenant réduite par la technologie ICC. L'acceptation des fontes TrueType dépend quant à elle du RIP qui sera mis en œuvre.

Les erreurs de distillation ont été à l'origine de nombreuses déceptions. Chaque utilisation de la technologie PDF – impression professionnelle ou bureautique, archivage, publication sur CD-ROM ou sur Internet – impose

des réglages de distillation spécifiques. L'étape de l'interprétation du fichier PostScript en primitives graphiques, auparavant intégrée au ripage, est maintenant accomplie par la distillation. Deux méthodes permettent de sécuriser cette opération :

- l'utilisation de « profils » de distillation prédéfinis et prévalidés, qui peuvent être communiqués à un tiers sous forme de fichiers ;
- l'utilisation d'un outil de test de profil du fichier PDF obtenu, qui fournira une validation ou un rapport d'erreur circonstancié.

Pourquoi contrôler un document PDF ?

Adobe n'a pas voulu, en spécifiant le format PDF, en limiter les utilisations possibles.

Chaque utilisation entraîne, à partir d'un même document d'origine, un fichier PDF différent : consultation à l'écran, impression bureautique, impression à haute résolution, impression sur matériel spécifique.

Rien ne permet, par simple lecture du fichier PDF, de connaître l'utilisation à laquelle son créateur l'a destiné ni s'il est bien adapté à cette utilisation. Aussi il est conseillé, lorsqu'on reçoit un fichier PDF, de le contrôler pour savoir s'il répond à l'usage auquel on le destine. Cette opération doit être menée à partir du « profil » de cet usage. Elle fournit un rapport qui, lorsqu'il est exempt d'erreur, valide le fichier pour l'usage.

En plus du contrôle, il faut certifier le document PDF. La certification ne doit donc pas être confondue avec le contrôle. La certification inclut le contrôle mais y ajoute de nombreuses autres notions destinées à sécuriser la vie ultérieure du document et à en assurer la traçabilité.

Quel « profil de contrôle » utiliser pour un usage prépresse ?

Un certain nombre de profils ont été créés et sont diffusés sous forme de fichiers avec les logiciels de contrôle ou par serveur Internet. Parmi ceux-ci certains profils ont été définis à partir de la norme **PDF/X** qui est une famille de spécifications définie par une norme générale ISO 15929. A côté de cette norme, des groupements professionnels ont préféré éditer des pres-

criptions, voire des profils, au bénéfice de leurs adhérents. En France par exemple, le SICOGIF (*www.sicogif.com*) – Syndicat des Industries de la COmmunication Graphique et de l'Imprimerie Française – incite ses adhérents à adopter l'un des deux profils (avec ou sans tons directs) développés par sa direction technique. Il en est de même en Belgique avec l'organisme FEBELGRA (*www.febelgra.be*). Ces deux organismes ont adopté pour l'instant la solution d'Enfocus (*www.enfocus.com* et *fr.enfocus.com*) pour le contrôle et la certification des fichiers PDF. Cette solution comprend trois outils :

- **Instant PDF** : il contrôle le fichier PDF lors de son obtention depuis le logiciel de PAO. Plug-in d'Acrobat, il nécessite de disposer par ailleurs du profil à utiliser sans qu'il puisse ni le consulter ni le modifier. Le défaut de contrôle d'un document fournit toutes informations nécessaires à la correction dans le logiciel de PAO ;
- **PitStop Pro** : il contrôle un document PDF ouvert dans Acrobat. Le profil utilisé aura pu être importé au préalable, adapté si nécessaire, ou créé ex nihilo. Il pourra être exporté sous forme de fichier pour être diffusé par ailleurs. Les défauts relevés par le contrôle pourront souvent être corrigés par les outils de retouche manuelle intégrés à cette solution ;
- **PitStop Server** : il contrôle un document PDF dans un flux automatisé. Le profil utilisé aura pu être importé au préalable, adapté si nécessaire, ou créé ex nihilo. Il pourra être exporté sous forme de fichier pour être diffusé par ailleurs. Le défaut de contrôle d'un document pourra être signalé par email pour permettre une intervention circonstanciée.

Chacun de ces outils fournit un rapport de contrôle sous forme de fichier PDF. L'absence de signalement d'erreur entraîne la conformité du fichier au profil de contrôle.

Comment certifier un document ?

L'absence d'erreur n'est pas, en de nombreuses circonstances, suffisante pour sécuriser la suite des travaux. La protection contre les modifications peut parfois être adoptée, mais elle est fortement déconseillée dans les processus d'impression professionnelle dans lesquels :

- il faut maintenir la possibilité de corriger une faute d'orthographe, de mettre à jour un prix, un logo, une adresse ;
- la technologie interne du document doit parfois être modifiée pour s'adapter aux exigences du procédé principal ou du procédé d'épreuve, sans que ces modifications n'apparaissent clairement à l'écran ;
- il faut parfois adjoindre au document des repères de calage, de coupe ou de façonnage, organiser un fond perdu, intégrer une échelle d'impression ou imposer en cahier ou sur grande laize.

Certaines de ces modifications peuvent rendre obsolète le contrôle initial. Elles entraînent toutes un transfert partiel de responsabilité. Elles obligent à garder dans le dossier de travail différentes versions d'un même document.

La certification apporte une réponse à ces différents problèmes :

- elle établit un lien entre le document PDF et ses sources (par exemple fichier QuarkXPress et fichiers des dessins et des images) ;
- elle lie chaque document avec un profil de contrôle et permet de déporter la charge du contrôle initial vers le créateur ou l'expéditeur du document ;
- elle tient à jour un état de la validité du document, qu'il est possible de consulter rapidement ;
- elle signe chaque modification et renouvelle le contrôle à chaque modification du document ;
- elle établit un historique qui permet à tout moment la comparaison entre les versions successives et le retour à une version antérieure.

Comme pour la phase de contrôle, les organismes Sicogif et Febelgra utilisent à l'heure actuelle la solution Enfocus qui se compose des outils suivants :

- **Instant PDF** : il certifie le fichier PDF lors de son obtention depuis le logiciel de PAO. Il nécessite de disposer par ailleurs du profil à utiliser, qui peut être un profil préétabli et disponible (PDF-X, SICOGIF) ou un profil adapté par ailleurs à une utilisation précise. Le défaut de certification d'un document fournit toutes informations nécessaires à la correction dans le logiciel de PAO ;

- **PitStop Pro** : il certifie un document PDF ouvert dans Acrobat. Le profil utilisé aura pu être adapté au préalable à une utilisation particulière, voire exporté sous forme de fichier pour diffusion externe. Le défaut de certification d'un document pourra souvent être corrigé par les outils de correction manuelle intégrés à cette solution ;
- **PitStop Server** : il certifie un document PDF dans un flux automatisé. Le profil utilisé aura pu être adapté au préalable à une utilisation particulière, voire exporté sous forme de fichier pour diffusion externe. Le défaut de certification d'un document pourra être signalé par email pour permettre une intervention circonstanciée.

Les choix effectués par les organismes Sicogif et Febelgra ne dévalorisent bien sûr pas les autres outils mentionnés au point 5.3 et ne s'interdisent pas de valider dans l'avenir d'autres solutions.

5.5. Acrobat 5.0 et 6.0 : PDF et la gestion de la couleur

La version Acrobat 5.0 a apporté un lot de bonnes nouvelles pour les arts graphiques au niveau des sorties et de la gestion des couleurs, ce qui permet au format PDF d'être un outil incontournable dans le processus de gestion de la couleur. Grâce à son intégration poussée avec les autres logiciels Adobe, Acrobat 5.0 aide les graphistes à mettre en place un flux de production de documents fiable et cohérent. Par exemple, Acrobat, Adobe Photoshop 6.0+ et Adobe Illustrator 9.0+ supportent tous trois le système de couleurs Adobe (Adobe Color Engine) et la technologie de gestion colorimétrique d'Adobe. L'utilisation d'un système de gestion colorimétrique commun garantit des résultats cohérents et des couleurs fidèles lors du transfert des fichiers entre les différents logiciels. En outre, Acrobat 5.0 et le format Adobe PDF 1.4 prennent en charge les objets transparents, ce qui permet de visualiser et d'imprimer les fichiers Adobe PDF avec effets de transparence créés dans Illustrator 9.0+ ou Photoshop 6.0+. Il est aussi possible d'ouvrir un fichier Adobe PDF dans Illustrator pour le modifier ou l'améliorer. Acrobat 5 permet aussi de gagner du temps et de l'argent en répartissant l'impression des documents grand format sur plusieurs pages. Il est ainsi possible par exemple d'imprimer un poster de 27,9 x 43,18 cm

sur plusieurs feuilles A4 standard pour révision et épreuvage. Dans la boîte de dialogue d'impression, on dispose d'une série d'options permettant d'imprimer les pages paires et impaires, de les faire pivoter ou de les centrer, de déterminer des chevauchements, d'imprimer les couleurs ICC en tant que couleurs de périphérique, de créer des demi-teintes, de transférer des fonctions, de supprimer les sous-couleurs ou de générer du noir, et enfin de choisir la qualité de transparence.

La version 6.0 d'Acrobat marque une scission de l'offre en trois paliers : du simple générateur de PDF jusqu'à l'application pour les ingénieurs et les arts graphiques, en passant par un produit standard allégé. L'offre est désormais scindée en trois produits : Acrobat Elements, Acrobat Professional et Acrobat Standard.

Acrobat Distiller 6 est maintenant natif Mac OS X et propose deux nouveaux formats : PDF/X 1a (norme ISO) et PDF/X 3. Il prévisualise les séparations de couleur (CMYK et tons directs Pantone) et offre des outils puissants de « preflight » (conformité PDF/X et compatibilité PostScript entre autre).

CHAPITRE 7
LA COULEUR MULTIFONCTION

Avec l'avènement des ordinateurs et de l'infographie, en particulier, notre vision du monde s'est vue élargie au-delà du champ limité de nos propres sens. Des mondes inconnus s'offrent ainsi subitement à nous : comme le microscope ou le télescope, l'image par ordinateur nous permet de porter notre vision des choses de l'infiniment petit à l'infiniment grand. L'arrivée de ces « nouvelles » images a par la même occasion bouleversé la manière d'envisager la couleur. Du scientifique à l'artiste, l'utilisation de la couleur implique, en effet, pour ces derniers la prise en compte de toute une série de nouvelles techniques spécifiques à chaque discipline concernée. Si la couleur est une donnée essentielle dans le domaine des arts graphiques, il ne s'agit pas du seul secteur qui en fait un usage intensif. En effet, la couleur est une composante importante d'applications comme la conception assistée par ordinateur, la synthèse d'image, la télédétection ou encore l'imagerie médicale. Il est donc intéressant d'en aborder certains aspects.

1. La couleur en Conception Assistée par Ordinateur (CAO)

D'une manière générale, la CAO peut être considérée comme l'ensemble des outils et des procédures utilisant l'informatique pour la conception d'un produit en utilisant au mieux les qualités complémentaires de l'homme et de l'ordinateur. La CAO n'implique donc en aucun cas un remplacement de l'homme par l'ordinateur. Elle doit être envisagée sous l'angle d'un dialogue Homme/Machine dont l'objectif est d'assister le concepteur dans l'étude de son projet. L'imagination reste le propre du concepteur, la simulation et la représentation celui de l'informatique. L'aide ainsi apportée par l'outil informatique se situe à tous les niveaux depuis l'ébauche du projet jusqu'à la réalisation proprement dite.

Nous savons qu'à la base de tout projet se trouve une IDEE du concepteur. La première étape réside dans la projection de cette idée sur un support adéquat qui en fin de compte doit aboutir à un projet compréhensible pour la réalisation de l'objet. Traditionnellement, ce transfert se fait sur un support qui est le papier et via l'intermédiaire d'un outil qui est le crayon. Dans le contexte de la CAO, le support et l'outil sont différents. Il s'agit, en effet, de créer dans la mémoire de l'ordinateur une « maquette virtuelle », c'est-à-dire une représentation géométrique de l'objet, en cours de conception, sous une forme compréhensible du point de vue informatique. A tout moment, cette représentation doit pouvoir être manipulée, visualisée et soumise aux diverses opérations effectuées traditionnellement sur un prototype.

Le passage de cet objet externe (hors ordinateur) à sa représentation interne (dans l'ordinateur) s'effectue via la création d'un modèle. La qualité d'un modèle sera ainsi sa capacité à représenter le plus fidèlement possible (en utilisant la couleur, par exemple) l'objet réel et à intégrer le mieux possible les contraintes diverses liées à l'objet pour aboutir en fin de processus à une réalisation optimale.

Le rôle de la couleur n'est pas une fin en soi dans le domaine de la CAO. Cependant, dans beaucoup d'applications, elle peut constituer un élément de réflexion, de facilité de compréhension, de vérification et d'aide à la décision. Si au niveau de la communication, l'utilisation de la couleur a une valeur qualitative et concerne plus la synthèse d'images, il n'en est pas de même dans les autres cas où elle a plutôt un rôle quantitatif. Dans ce dernier cas, toute modification dans la gradation des couleurs a une signification bien précise au niveau de l'élément analysé. Ce type d'utilisation de la couleur se retrouve entre autres au niveau de l'analyse de structures, de la rhéologie ou de la simulation de projets d'éclairage par exemple.

1.1. Utilisation de la couleur en analyse de structures

Depuis une vingtaine d'années, de nombreuses entreprises ont découvert les avantages qu'apportait la méthode de l'analyse par éléments finis. En effet, effectuer une analyse détaillée des contraintes ou une analyse ther-

mique d'une structure pouvait les aider à simuler rapidement et économiquement un ou plusieurs prototypes. L'infographie a permis la construction interactive de modèles en éléments finis, évitant la phase laborieuse de préparation des cartes perforées, anciennement utilisées. Le graphisme a permis également l'affichage en couleurs des contraintes et des températures autorisées, évitant aux ingénieurs de parcourir des kilomètres de listings à la recherche des points de forte contrainte ou de température élevée.

Mise au point dans le courant des années 60, l'analyse par la méthode des éléments finis permet de diviser les structures, les surfaces et les corps compliqués en petites unités calculables. Une application de ce type s'exécute en trois phases :

- **pré-traitement (pre-processing)** : préparation du modèle pour l'analyse, c'est-à-dire la définition géométrique et le maillage (fig.7.1) ;
- **analyse** : les différents calculs (statique, dynamique, thermique, etc.) (fig.7.2) ;
- **post-traitement (post-processing)** : exploitation et exportation des résultats de l'analyse.

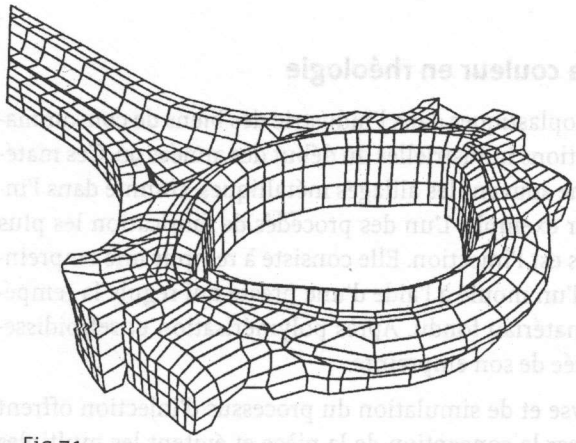


Fig.7.1

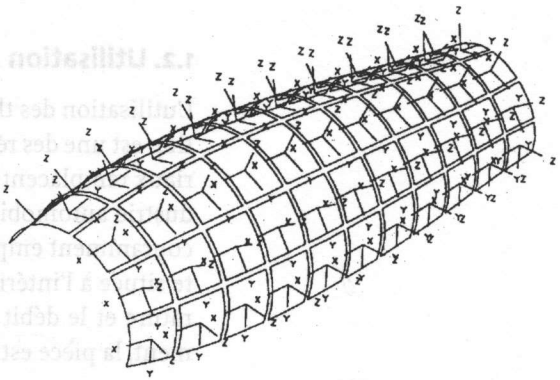


Fig.7.2

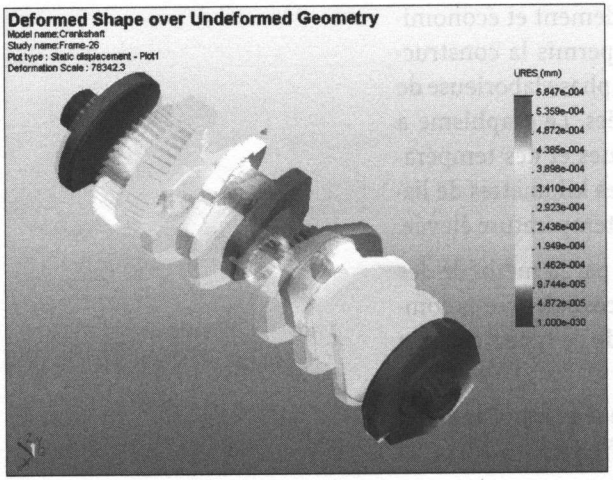


Fig.7.3

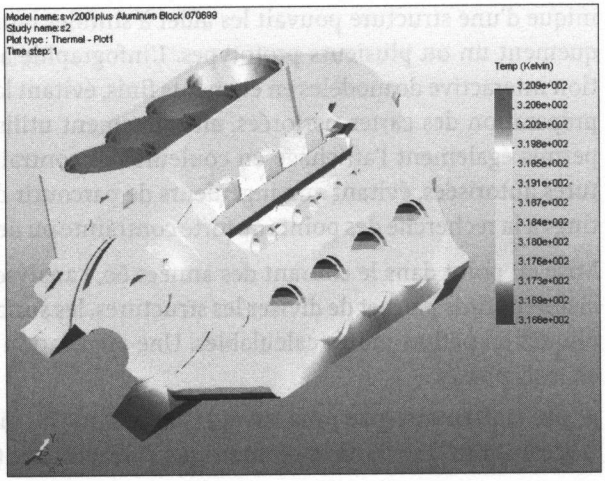


Fig.7.4

L'exemple de la figure 7.3 illustre l'étude du comportement d'un vilebrequin. Les différentes couleurs permettent de faire ressortir les différentes contraintes dans la pièce étudiée sous la forme d'une carte des isocontraintes. La figure 7.4 illustre l'étude thermique d'un bloc moteur. Les couleurs y indiquent les différentes températures.

1.2. Utilisation de la couleur en rhéologie

L'utilisation des thermoplastiques dans l'industrie des biens de consommation est une des révolutions industrielles du début des années 90. Ces matériaux remplacent même souvent les alliages métalliques, comme dans l'industrie automobile par exemple. L'un des procédés de fabrication les plus couramment employés est l'injection. Elle consiste à remplir une empreinte située à l'intérieur d'un moule à l'aide d'une presse qui régule la température et le débit du matériau fondu. Après polymérisation et refroidissement, la pièce est éjectée de son empreinte.

Les techniques d'analyse et de simulation du processus d'injection offrent la possibilité d'optimiser la conception de la pièce et évitent les multiples modifications du moule. L'exemple de la figure 7.5 illustre l'analyse des écoulements de polymères dans un moule d'injection dans le cas d'un boîtier de télévision.

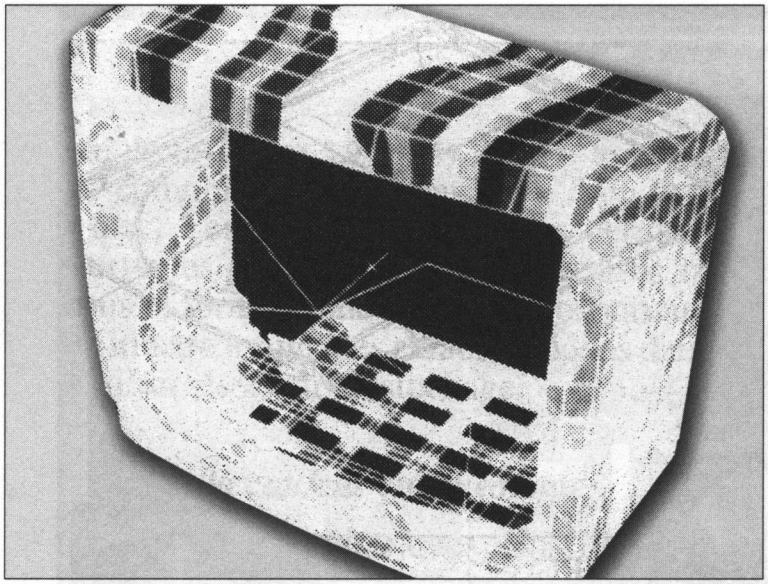


Fig.7.5

1.3. Utilisation de la couleur dans la simulation de projets d'éclairage

La colorimétrie intervient également largement dans la conception des systèmes d'éclairage (industrie automobile, aéronautique, mobilier urbain, etc.) à l'aide de systèmes de CAO pour simuler les effets de la lumière dans des situations réelles : éclairement de la route par un phare de voiture, étude de l'harmonie de l'éclairage et des couleurs dans un aménagement intérieur, simulation d'un cockpit ou panneau de contrôle, vu par le pilote/opérateur, prenant en compte la lumière ambiante, le soleil, les réflexions et l'éblouissement, etc. A titre d'exemple, les différents outils proposés par la société française OPTIS (*www.optis-world.com*) permettent de simuler de façon scientifique la lumière sur la base de modèles de CAO et d'optimiser la conception des produits au niveau de l'éclairement (fig.7.6 – 7.7).

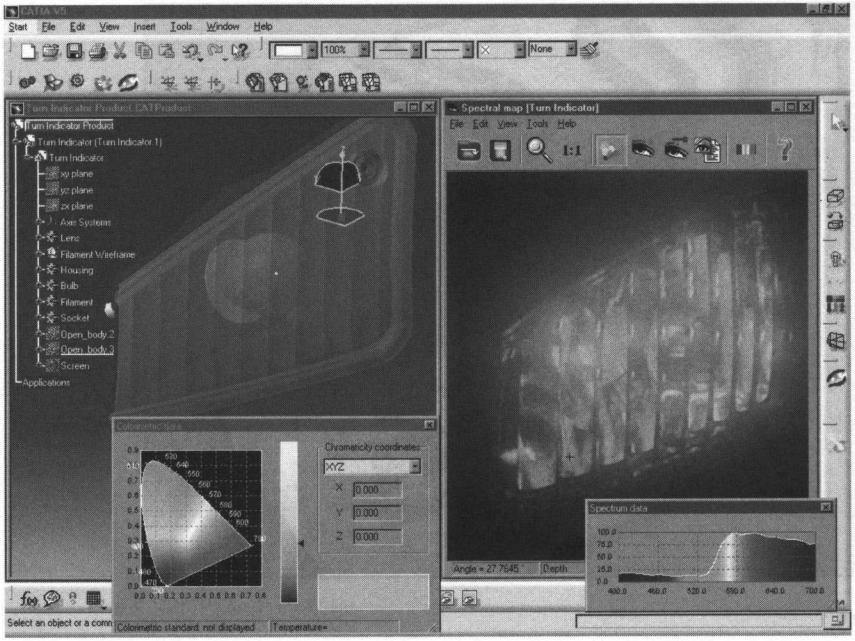

CATIA V5
Start File Edit View Insert Tools Window Help
Turn Indicator Product.CATProduct
Turn Indicator Product
Turn Indicator (Turn Indicator.1)
Turn Indicator
xy plane
yz plane
zx plane
Axis Systems
Lens
Filament Wireframe
Housing
Bulb
Filament
Socket
Open_body.2
Open_body.3
Screen
Applications
Spectral map [Turn Indicator]
File Edit View Tools Help
Spectrum data
Chromaticity coordinates
XYZ
Select an object or a comm
Colorimetric standard, not displayed
Temperature=

Fig.7.6

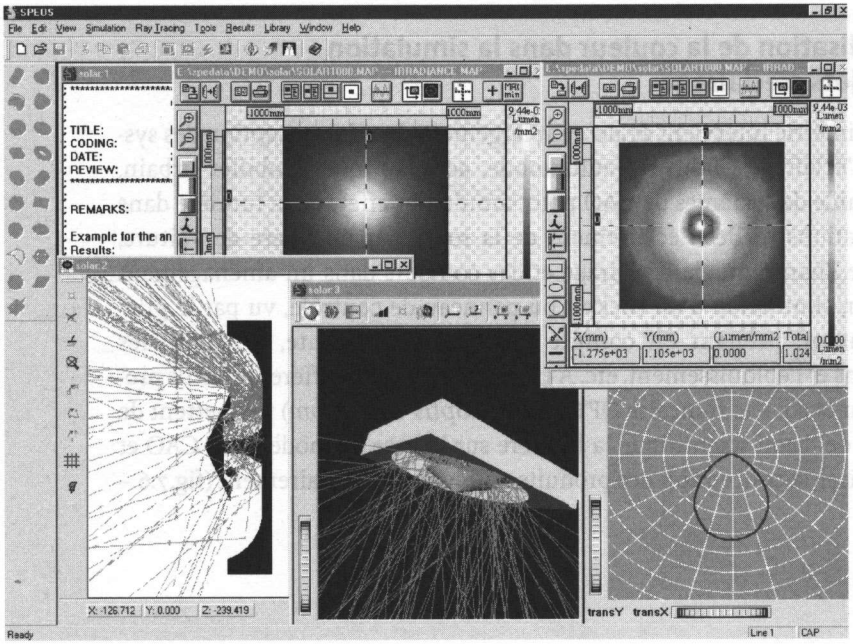

SPEOS
File Edit View Simulation Ray Tracing Tools Results Library Window Help
solar.1
TITLE:
CODING:
DATE:
REVIEW:
REMARKS:
Example for the an
Results:
solar.2
solar.3
X(mm) Y(mm) (Lumen/mm2) Total
-1.275e+03 1.105e+03 0.0000 1.024
X: -126.712 Y: 0.000 Z: -239.419
transY transX
Ready
Line 1 CAP

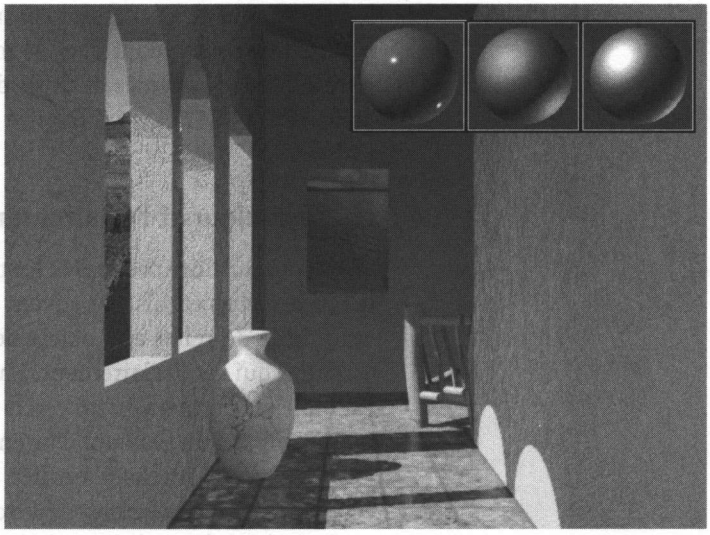
Fig.7.7

2. La couleur en synthèse d'images

Née à la fin des années 50 pour des applications telles que les simulateurs de vol, la recherche en synthèse d'images a largement bénéficié au départ de crédits militaires. Ce n'est que vers la fin des années 70 qu'on a pu les voir apparaître au compte-gouttes dans des génériques télévisés ou des films publicitaires. D'un aspect assez « mécanique » à l'origine, le réalisme des images de synthèse a fait d'énormes progrès en 25 ans, au point que la frontière entre le réel et le virtuel est parfois insignifiante. Créer l'illusion de la réalité suppose de pouvoir résoudre les problèmes de forme, de couleur, de texture et d'éclairage, qui se posent à tout graphiste, avec en supplément, dans le cas de l'animation, le problème du mouvement.

Par rapport au domaine des arts graphiques où le point de départ est souvent constitué d'une photo réelle en couleur qui est soumise par la suite à différents traitements, la synthèse d'images peut être considérée comme beaucoup plus complexe, car il s'agit dans ce cas de simuler, en partant de rien, un environnement coloré avec un réalisme quasi photographique. De plus, si dans les arts graphiques, le problème majeur du point de vue de la couleur se situe au niveau de sa reproduction la plus fidèle possible, dans le cas de la synthèse d'images le problème essentiel se situe au niveau de la reproduction (d'une manière synthétique) de tout le contexte qui donne naissance à la perception d'un univers coloré : la lumière, les objets, un observateur. En effet, comme nous l'avons déjà largement développé dans les premiers chapitres de cet ouvrage, nous pouvons voir les objets qui nous entourent, et en particulier leur couleur, grâce à notre cerveau qui décode les impulsions lumineuses en provenance de l'œil. La lumière qui

Fig.7.8



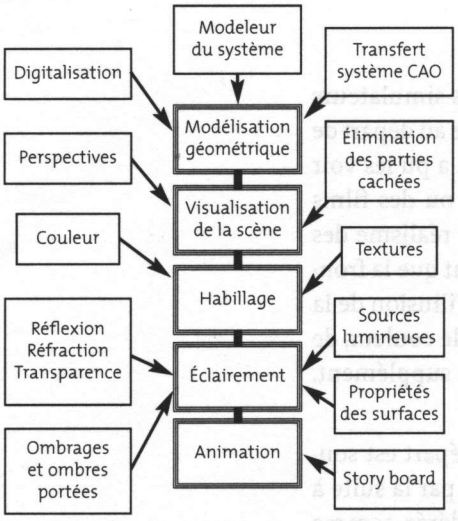


Fig.7.9

nous entoure est donc la base de tout. Pour arriver à représenter de façon réaliste une scène en trois dimensions, par synthèse d'images, il est donc nécessaire, outre la modélisation géométrique des objets de la scène et leur habillage, d'introduire un modèle d'éclairement (ou d'illumination) permettant de simuler de façon la plus réelle possible le comportement de la lumière vis-à-vis des objets qui composent cette scène (fig.7.8).

La synthèse d'une image à partir d'une scène fictive ou réelle passe par la réalisation d'une maquette tridimensionnelle et nécessite plusieurs étapes fondamentales pour arriver à un résultat proche de la réalité (fig.7.9).

Le rôle de la couleur est essentiel dans ce processus, d'une part pour distinguer des objets différents, d'autre part pour rendre les images réalistes. Par rapport à une scène réelle où la couleur naît de l'interaction de la lumière et des objets, en synthèse d'images il est nécessaire d'inclure l'information de couleur dans la description de l'objet. Il s'agit bien sûr de la couleur intrinsèque de celui-ci, car l'aspect coloré final de l'objet dépendra des différents paramètres intervenant dans le modèle d'éclairement. Selon le type d'application, trois systèmes de choix des couleurs sont principalement utilisés : RGB, HSL et CMYK (voir chapitre 3 pour plus de détail).

2.1. La couleur et l'éclairement

Si les couleurs intrinsèques et les textures jouent un rôle fondamental dans le rendu des objets, ils ne peuvent que difficilement donner l'impression de volume et de relief aux objets de la scène. Il manque un autre élément essentiel qui est l'éclairement. En effet, une sphère coloriée en jaune, par exemple, ne donnera qu'un cercle jaune uniforme. Il est donc nécessaire de tenir compte d'un gradiant d'intensité de couleurs en fonction des points de la sphère. Cette intensité est liée à la lumière présente. La répartition des éclairements et des ombres dépend des sources lumineuses, de la nature des surfaces éclairées et de la position de l'observateur.

On dénombre en général trois grands types de sources de lumière :

- **la lumière ambiante** : qui éclaire toute la scène uniformément.
- **les sources directionnelles** : qui sont supposées à l'infini et qui éclairent la scène avec des rayons parallèles à une direction donnée.
- **les sources ponctuelles** : supposées placées en un point précis et qui rayonnent la lumière radialement.

Pour ces trois types de lumière, il faut spécifier :

- leur couleur dans un des systèmes RGB ou HSL ;
- leur position ;
- leur intensité ;
- leur forme (surtout important dans le cas des spots).

Lorsque la lumière arrive sur un objet, elle peut se comporter de différentes manières suivant la nature du matériau constituant cet objet. Trois propriétés sont à prendre en compte :

- **la radiance** : qui détermine la lumière émise par la surface, indépendamment de toute source de lumière externe ;
- **la réflectance** : qui détermine la fraction de lumière incidente réémise par réflexion ;
- **la transparence** : qui détermine la quantité de lumière incidente transmise à travers la surface.

Les rayons lumineux provenant des différentes sources de lumière se comportent de différentes manières au contact des surfaces. En effet, ces rayons peuvent en partie être réfléchis, en partie diffusés, en partie absorbés, le restant étant transmis. On peut ainsi distinguer les effets suivants (fig.7.10) :

- **la réflexion spéculaire** : produite par la couche superficielle des matériaux, la lumière est renvoyée dans une direction précise. C'est le cas principalement des surfaces brillantes (miroir, surface métallique, etc.).
- **la réflexion diffuse** : produite par les couches profondes des matériaux après pénétration de la lumière, cette dernière est réfléchie uniformément dans toutes les directions. C'est le cas des surfaces mates.

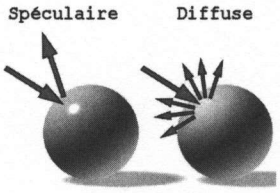


Fig.7.10

- **la réfraction** : produite lors du changement de milieu optique, la lumière subit une déviation de sa direction originale. Elle est ensuite transmise à travers la surface.

Les modèles d'éclairement (ou d'illumination)

Pour modéliser l'illumination d'une scène, il faut tenir compte de plusieurs aspects dont les sources lumineuses, la position de la caméra, la propriété des surfaces et le comportement des rayons lumineux sur ces surfaces. Dans cette optique on appelle modèle d'illumination toute méthode algorithmique permettant de simuler les effets de la lumière dans une scène tridimensionnelle de synthèse. Deux catégories de modèles sont habituellement utilisées :

- **Les modèles « locaux »** : ils ne traitent que les effets directs de la lumière sur les objets et ne gèrent donc pas les effets des objets les uns sur les autres.
- **Les modèles « globaux »** : ils tiennent compte de tous les phénomènes en présence. Les deux principales méthodes dans cette catégorie sont le « lancer de rayons » (ray-tracing) et la « radiosité ».

Les modèles locaux sont les suivants :

- **Le modèle d'illumination diffus** : c'est le modèle le plus simple d'éclairement, car il ne tient compte que d'une illumination diffuse, c'est-à-dire constante en tout point de l'espace, et il ne dépend que de la nature de l'objet éclairé. Un tel modèle est insuffisant pour rendre l'aspect réaliste d'une scène 3D dont l'éclairement est rarement uniforme. Il faut en effet tenir compte des autres sources lumineuses. Au niveau visuel, la première implication de ce modèle simplifié est l'aspect irréel et froid des objets ainsi créés. On obtient en fait une image en « Flat shading », c'est-à-dire mate et sans reflet (fig.7.11).

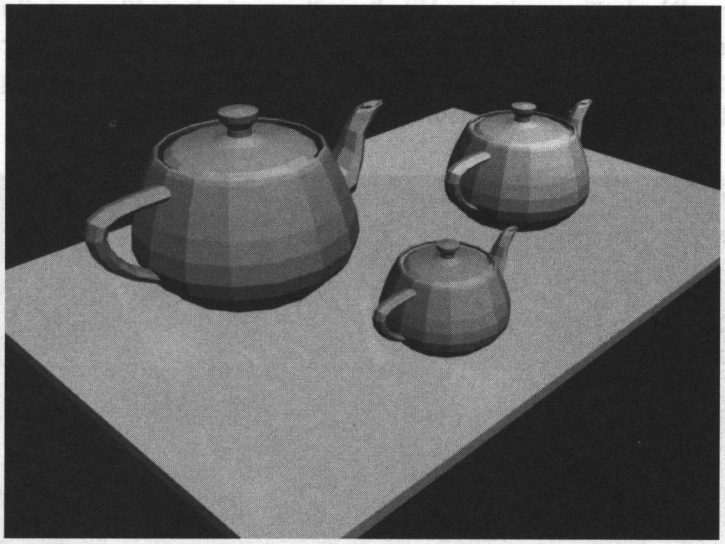


Fig.7.11

- **Le modèle d'illumination de Phong** : la plupart des objets qui composent une scène réelle ne sont pas parfaitement mats, ils réfléchissent une certaine quantité de lumière dans une direction précise. Il s'agit de la réflexion spéculaire. Celle-ci varie selon la structure des matériaux dont sont composés les objets, ainsi que selon la position de l'observateur. D'autre part, la couleur de cette réflexion n'est pas celle de l'objet, comme c'est le cas pour les composantes ambiante et diffuse, mais celle de la source lumineuse. Couramment utilisé, le modèle de Phong doit néanmoins être considéré comme une simplification par rapport à la réalité car il se base sur plusieurs approximations dont :
  - ☐ les sources lumineuses et l'observateur sont situés à l'infini.
  - ☐ la luminosité ambiante est considérée comme étant constante.
  - ☐ les sources lumineuses sont considérées comme étant ponctuelles.
  - ☐ les réflexions diffuse et spéculaire sont traitées localement, c'est-à-dire qu'elles ne tiennent pas compte de l'interaction des objets entre eux.

Si le modèle de Phong donne déjà d'excellents résultats (fig.7.12), il faut néanmoins passer à d'autres modèles encore plus évolués pour obtenir un plus grand réalisme au niveau de l'image résultante. Il s'agit des techniques du « Ray-Tracing » et de la « Radiosité ».

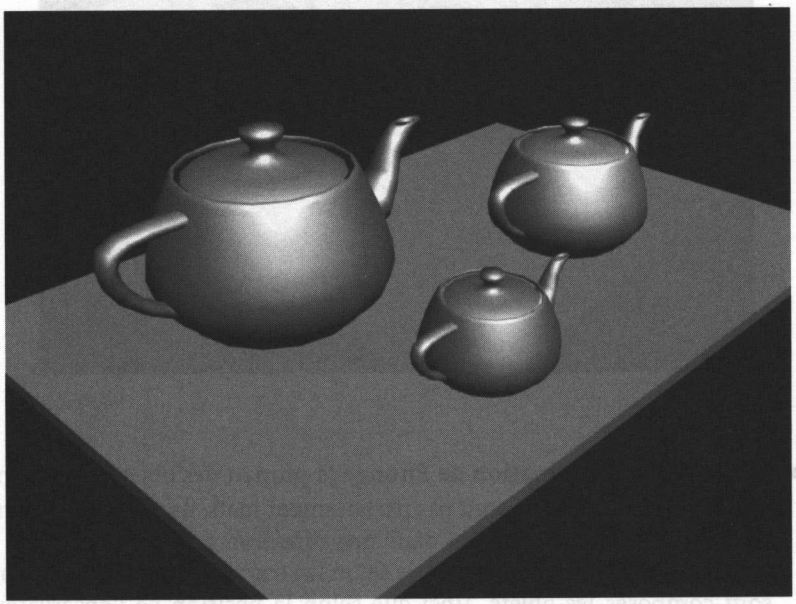


Fig.7.12

Les modèles globaux sont les suivants :

- **Le modèle du « lancer de rayons »** : issu des recherches faites dans le domaine des radiations nucléaires, le « lancer de rayons » part de la constatation que l'image qui arrive à la caméra ou à l'œil de l'observateur est la somme des rayons en provenance des diverses sources lumineuses et le résultat de leurs multiples rebords sur les objets et de leurs transformations en fonction des caractéristiques de ces objets. Le principe de cette méthode consiste en fait à analyser le trajet inverse des rayons lumineux atteignant l'observateur. Comme le nombre de rayons qui illuminent une scène est pratiquement infini, on limite le calcul aux rayons

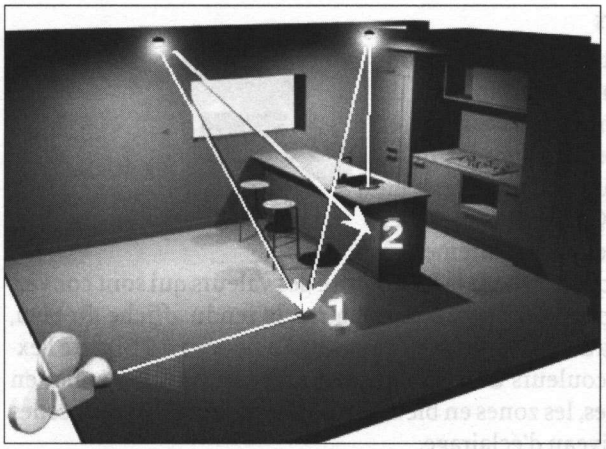


Fig.7.13

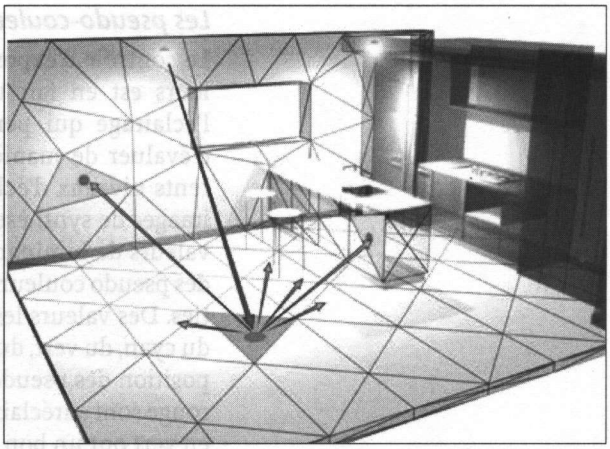


Fig.7.14

qui interceptent la matrice de « pixels » de l'écran qui constitue en fait le plan de projection de la scène en perspective (fig.7.13). Cette méthode donne les meilleurs résultats quand les surfaces réfléchissent beaucoup de lumières, par contre elle prend moins bien en compte l'interaction des réflexions diffuses entre les objets (fig.7.14).

- **Le modèle de « radiosité »** : cette méthode est dérivée de techniques utilisées en thermodynamique et a été mise au point à l'université Cornell en 1984. Elle calcule la somme des rayons lumineux frappant un point d'une surface en fonction de l'intensité issue de chaque autre élément de la scène. La radiosité résout le point faible du ray-tracing au niveau de l'interaction des réflexions diffuses entre les objets. Elle permet aussi un traitement plus réaliste des ombres. Dans le cas de surfaces importantes, la radiosité subdivise ces dernières en petites facettes triangulaires pour obtenir un résultat plus précis. La radiosité est aussi indépendante du point de vue. Une fois le calcul effectué, la même scène pourra être visualisée et rendue sous n'importe quel angle. Le résultat du calcul de radiosité est en effet sauvegardé dans la géométrie elle-même (fig.7.15).

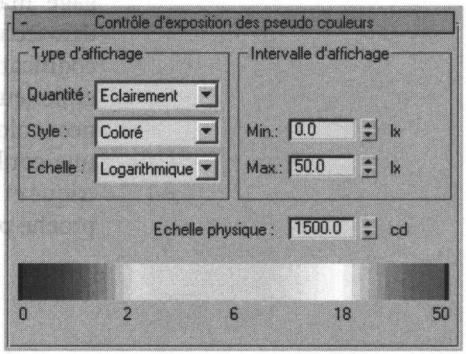


Fig.7.15

Les pseudo-couleurs

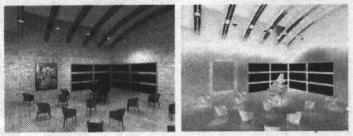


Fig.7.16

Le contrôle d'exposition des pseudo-couleurs est en fait un outil d'analyse de l'éclairage qui permet de visualiser et d'évaluer de manière intuitive les différents niveaux d'éclairage d'une scène en images de synthèse. Cet outil associe des valeurs de luminance ou d'éclairement à des pseudo couleurs qui affichent la luminosité des valeurs qui sont converties. Des valeurs les plus sombres au plus claires, le rendu affiche du bleu, du cyan, du vert, du jaune, du orange et du rouge. La figure 7.16 illustre l'exposition des pseudo-couleurs d'une scène avec une radiosité. Les zones en rouge sont suréclairées, les zones en bleu ne sont pas assez éclairées et celles en vert ont un bon niveau d'éclairage.

En conclusion

Complément naturel de la CAO, l'image de synthèse dépasse la seule élaboration du projet pour devenir un support de communication avec le public concerné et tous les partenaires intervenant dans le processus de conception. Après 176 ans de photographie, 107 ans de cinématographie et 82 ans de télévision, la formulation « algorithmique » et « numérique » des images provoque un profond bouleversement de nos systèmes de communication. Cette nouvelle approche de la « représentation » du réel à partir d'un langage mathématique inscrit l'image dans un système conceptuel où la démarche du concepteur passe obligatoirement par l'intermédiaire d'une codification informatique, encore dénommée « modélisation », des objets et de leurs caractéristiques d'aspects. Ainsi, dans le cas particulier de l'aspect coloré d'une scène, la tâche du concepteur ne se limite pas à assigner une couleur particulière à un objet mais à créer tout le contexte géométrique et fonctionnel permettant d'aboutir à une couleur « calculée » la plus proche possible de la réalité.

3. La couleur en traitement d'images

3.1. Introduction au traitement d'images

Que ce soit un médecin qui scrute une image détaillée des organes internes d'un malade, un militaire qui recherche des installations ennemies sur une carte en provenance d'un satellite militaire, ou un géographe qui analyse une carte du sol, toutes ces applications différentes font appel à une même technologie, connue sous le nom de traitement de l'image par ordinateur.

Il s'agit en fait, d'un domaine d'applications déjà ancien qui s'est particulièrement développé aux USA depuis la fin des années 50 dans le cadre de l'analyse d'images provenant entre autres de sondes spatiales. Le principe est d'utiliser la puissance de calcul des ordinateurs pour déceler, dans une représentation graphique, des informations auxquelles l'œil humain a difficilement (voire pas du tout) accès.

D'une manière générale, le traitement d'images recouvre un ensemble de techniques et de procédures dont l'objectif est d'extraire le plus fidèlement possible les informations contenues dans ces images pour en donner par la suite soit de nouvelles images calculées à partir des premières, soit des évaluations sous forme de mesures numériques. Le traitement d'images se distingue de la synthèse d'images principalement par le fait qu'il prend comme matière première des images captées dans le « monde réel » et non des informations modélisées dès l'origine.

Les domaines d'application sont vastes et concernent principalement :

- **La photographie aérienne** : ce domaine d'application est le plus ancien et concerne la cartographie aérienne pour les cartes géographiques, la télédétection à partir de satellites comme LANDSAT et SPOT, la géologie pour l'étude du sol ou le repérage de sites particuliers, etc.
- **Le diagnostic médical** : les images sur ordinateur autorisent désormais des techniques douces mais puissantes de diagnostic des maladies internes. Les données sont saisies dans ce cas par un scanner à émission de positrons ou par un tomographe à résonance magnétique.

- **La robotique** : ce domaine concerne principalement la « vision par ordinateur » qui comprend la prise de vue et son interprétation. Le couplage d'un robot et d'une machine de vision trouve son utilisation, entre autres, au niveau du soudage, du découpage et de l'usinage de surface, au niveau du montage de cartes électroniques, ou encore au niveau de la prise et du déplacement de pièces.
- **Le contrôle de qualité** : également concerné par la « vision par ordinateur », ce domaine porte sur la vérification de pièces manufacturées, l'inspection de soudures ou défauts de métaux, l'étalonnage de produits finis, etc.
- **Le dessin et la conception de projets** : on trouve dans ce cas la numérisation de plans pour la DAO, la numérisation de surfaces pour la CAO et la synthèse d'images, la reconnaissance de caractères, etc.
- **Les applications militaires** : on trouve dans ce cas la reconnaissance de bateaux ennemis ou d'installations militaires, le mouvement de troupes, la navigation automatique par suivi de carte, etc.

La couleur a également un rôle important dans le domaine du traitement de l'image, et cela tant au niveau des images captées (couleur = source d'information) que des images traitées (couleur = outil de communication). Outre le domaine des arts graphiques (voir chapitres 4 à 6) les principales applications issues du domaine du traitement de l'image concernent :

- l'imagerie spatiale (télédétection) ;
- l'imagerie médicale.

3.2. Utilisation de la couleur en imagerie spatiale

La science scrute d'un œil nouveau non seulement les phénomènes terrestres, mais aussi l'univers, grâce aux sondes robotisées lancées dans l'espace. L'ordinateur nous ouvre les yeux : cela va du cosmos tout entier à l'étude systématique de l'environnement et de notre planète. De l'espace, nous pouvons ainsi avoir une vision nouvelle, vitale, de notre planète. Les satellites nous ont permis de découvrir les formations nuageuses avec une précision jamais atteinte jusque-là. D'autres vues de la terre, moins célèbres, mais tout aussi importantes nous arrivent également. Les capteurs des satellites balaient des régions très différentes du spectre électromagnétique, et les informations sont constamment relayées vers la terre : il s'agit de la télédétection.

La télédétection satellitaire

La télédétection a comme objectif de recueillir des informations en provenance de la surface de la terre, grâce à l'enregistrement des ondes électromagnétiques émises par celle-ci. Ces observations permettent d'étudier, par exemple, les formations géologiques, de comprendre la disposition de la végétation et des récoltes, d'étudier le déboisement ou la désertification, etc. L'observation se fait à l'aide d'organes de réception, encore appelés « capteurs », qui sont généralement situés en altitude et donc embarqués soit sur des avions, soit sur des ballons-sondes ou sur des satellites. Ils sont classés en deux catégories : les capteurs analogiques et les capteurs numériques. Les premiers restituent immédiatement sous forme d'image photographique l'énergie reçue. Il s'agit principalement de la caméra utilisée en photographie aérienne. Les seconds fournissent une information numérisée en langage binaire qui est enregistrée sur bande magnétique. Il s'agit principalement soit de systèmes de balayage ou scanners, soit de cellules à transfert de charge (CCD) montées en barrettes. Les scanners ont été jusqu'à présent les plus utilisés. Ils équipent notamment les satellites américains de la série LANDSAT ou NOAA. Les barrettes à transfert de charge sont placées sur le satellite français SPOT (fig.7.17).

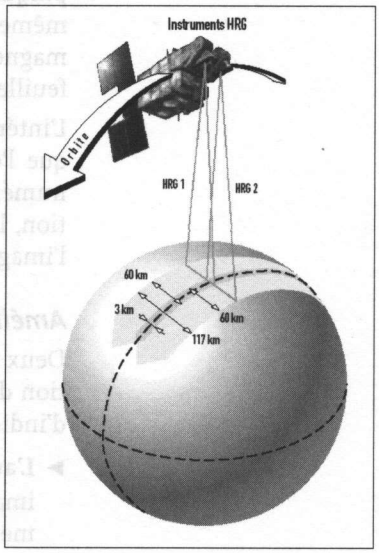


Fig.7.17. SPOT (Doc.CNES)

Nature de l'image

L'image captée et stockée numériquement est constituée d'un certain nombre de points élémentaires appelés « pixels » (pour picture elements), possédant chacun une valeur d'intensité et une adresse dans les deux dimensions de l'image. Dans le cas d'images de télédétection, la valeur d'intensité d'un pixel est codée de manière numérique et dépend, d'une part, du niveau d'énergie électromagnétique reçue par le capteur depuis la surface de la terre et, d'autre part, du nombre de niveaux d'intensité utilisés pour décrire l'intervalle d'intensité de l'image. Pour la plupart des images de télédétection, cet intervalle est codé sur 256 niveaux allant de 0 pour les basses valeurs à 255 pour les hautes valeurs.

L'image captée ne présente donc aucun aspect pictural. Elle doit être considérée comme une grille de valeurs. Pour obtenir une représentation gra-

phique ou cartographique de l'image, il faut disposer de matériel qui soit à même de faire correspondre aux valeurs d'intensités, stockées sur bande magnétique, les intensités elles-mêmes sur un écran graphique ou sur une feuille de papier.

L'intérêt de disposer d'une image sous forme numérique réside dans le fait que l'on peut effectuer, à l'aide d'un ordinateur, une série d'opérations numériques sur les données stockées sur bande magnétique. En télédétection, les opérations ont pour but de corriger, d'améliorer ou de classifier l'image d'une région déterminée.

Amélioration de l'image (rehaussement)

Deux techniques sont habituellement utilisées pour améliorer l'interprétation de l'image en télédétection : l'augmentation de contraste et le calcul d'indices multispectraux.

- **L'augmentation de contraste** : l'observation de l'histogramme d'une image nous permet de constater que celle-ci ne couvre pas complètement l'échelle des niveaux de gris, du noir absolu (0) au blanc parfait (255). Si les points de l'image sont groupés dans une zone de gris quelque part entre les extrêmes de cette échelle, les détails disparaissent. Pour améliorer le contraste des dégradés de gris, une table de référence identifie les valeurs les plus sombres et les valeurs les plus claires de l'image, puis les « étire » respectivement jusqu'au noir et jusqu'au blanc avant de redistribuer mathématiquement les valeurs intermédiaires sur la nouvelle échelle de 0 à 255 ainsi obtenue (fig.7.18). Des gris presque uniformes sur l'image originale se différencient ainsi nettement sur la version renforcée.

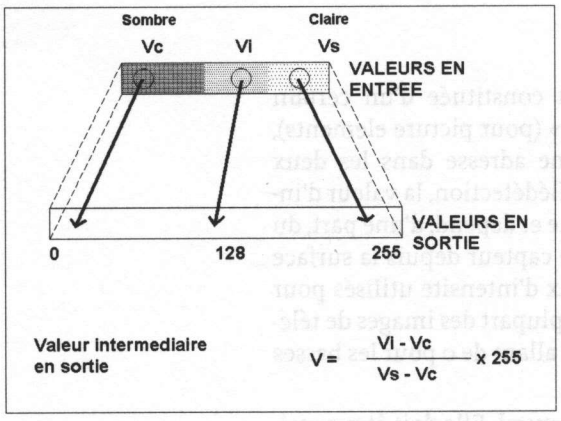


Fig.7.18

- **Le calcul des indices multispectraux** : il peut être intéressant de comparer les radiations électromagnétiques reçues par un capteur dans différentes zones (canaux) du spectre enregistrées en même temps, ou, à l'inverse, dans une même zone enregistrée à des moments différents. Ainsi dans le cas du capteur MSS du satellite Landsat, le rapport du canal 4 (vert) au canal 5 (rouge) permet de mettre en évidence les sols rouges tropicaux, tandis que le rapport entre le canal 5 (rouge) et le canal 7 (proche infrarouge) permet de faire ressortir les masses de végétation. Ces rapports de canaux permettent de construire des « indices » qui, appliqués aux différents pixels d'une image, génèrent une nouvelle image plus explicite.

Pseudo-couleur et composition colorée

La visualisation d'une image, captée par satellite, sur un écran graphique peut soit se faire en « pseudo-couleur », soit sous la forme d'une « composition colorée » (fig.7.19) :

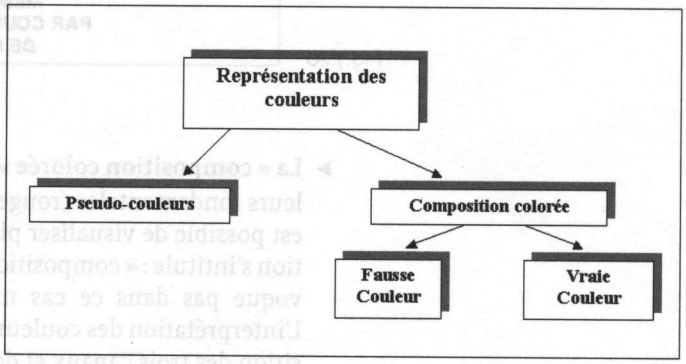


Fig.7.19

- **La représentation en « pseudo-couleur »** : l'intensité des informations captées par le satelitte est codée numériquement habituellement sur 8 bits, ce qui permet d'afficher les différentes valeurs des pixels à l'aide de 256 niveaux de gris ou de teintes colorées. Les différents niveaux de gris sont ordonnés le long d'une échelle allant du noir (0) au blanc (255). Par conséquent, lors de l'affichage d'un canal d'une image, la hiérarchie des niveaux de gris correspond à celle de l'intensité des pixels (fig.7.20). Par contre, si l'affichage du canal utilise les couleurs, aucun ordre parmi celles-ci ne peut être utilisé en correspondance avec la hiérarchie des valeurs des pixels. La couleur est donc principalement utilisée dans ce cas pour améliorer la distinction visuelle des valeurs. Elle est donc purement arbitraire et ne peut être source d'interprétation. Dans un tel contexte on parle de « pseudo-couleur ».

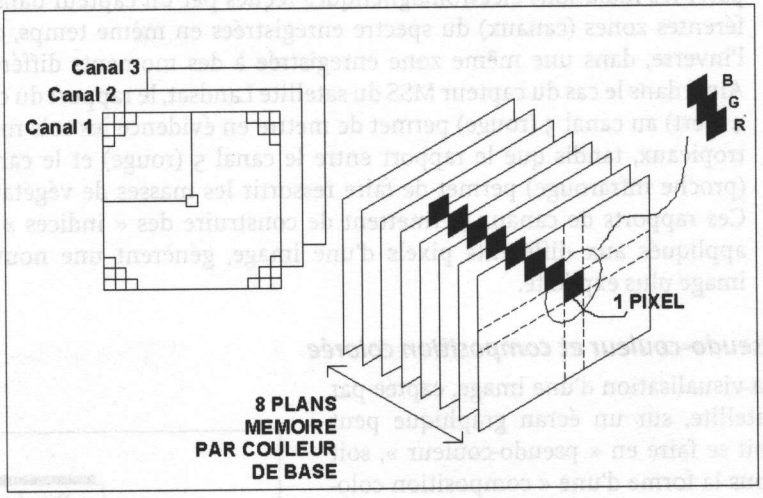


Fig.7.20

► **La « composition colorée »** : dans le cas où l'on associe chacune des couleurs fondamentales (rouge, vert, bleu) à un canal de la même image, il est possible de visualiser plusieurs canaux simultanément. Cette opération s'intitule : « composition colorée ». L'utilisation de la couleur ne provoque pas dans ce cas une transformation des valeurs des pixels. L'interprétation des couleurs est donc possible. Le résultat de la superposition des trois canaux et donc de la combinaison des niveaux d'intensité des trois couleurs fondamentales donnera une image en « vraie » ou en « fausse » couleur, selon que la couleur fondamentale associée à chaque canal correspond, ou non, à la zone du spectre couvert par ce canal. Ainsi, si l'on associe le canal vert (XS_1 de SPOT) à la couleur fondamentale bleue, le canal rouge (XS_2 de SPOT) à la couleur verte et le canal infrarouge (XS_3 de SPOT) à la couleur rouge, on obtient une composition colorée en fausse couleur infrarouge. Cette opération est réalisée pour mieux faire ressortir certains aspects de l'image, comme la végétation par exemple. La procédure est similaire par le satellite Landsat Thematic Mapper. Ainsi, dans le cas de la figure 7.21, nous avons une composition colorée en fausse couleur couvrant la région de Louvain (Belgique), obte-

nue à partir de trois bandes spectrales et dont l'objectif est de faire ressortir les différentes affectations du sol : urbanisme et végétation. En ce qui concerne l'illustration 7.22, la partie de gauche montre également une composition colorée en fausse couleur pour faire ressortir les différentes affectations du sol, tandis que la partie de droite de l'illustration a été soumise à un traitement particulier pour mettre en évidence la zone boisée. Ainsi, après avoir délimité la région d'intérêt, dans le cas présent le bois, on a effectué un traitement qui va appliquer sur toute l'image, l'histogramme des valeurs spectrales du bois. Dans le cas d'une correspondance parfaite entre les couleurs fondamentales et les canaux correspondants, on obtient une composition colorée en vraie couleur.

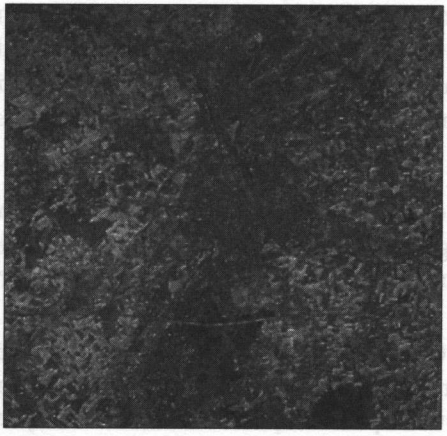


Fig.7.21

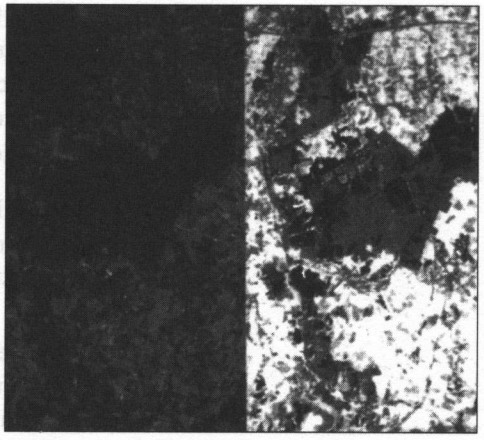


Fig.7.22

3.3. Utilisation de la couleur en imagerie médicale

L'imagerie médicale est également à l'heure de l'informatique graphique depuis une vingtaine d'années avec l'utilisation d'outils de traitement et de modélisation d'images et cela principalement au niveau du diagnostic, de la simulation et de la préparation des soins. Des palettes de couleurs et des bibliothèques d'algorithmes ainsi qu'une panoplie de logiciels 2D et 3D permettent de discriminer les informations, de préciser les contours, et de traquer les tumeurs.

Les techniques utilisées

Comme nous le savons tous, l'observation est à la base des soins. Qu'il s'agisse de forme physique, d'entretien de la santé, de dépistage précoce ou encore de diagnostic et de traitement conventionnels, il est capital que le corps soit perçu de toutes les manières possibles. On s'emploie ainsi depuis plusieurs années à concevoir des capteurs informatiques qui explorent le corps de l'extérieur mais aussi de l'intérieur. L'ordinateur ne se contente pas de capter uniquement l'image de l'élément observé, un traitement ultérieur lui permet de manipuler ou de rehausser les images ; il est alors possible de rechercher plus activement les traces d'une maladie. L'ordinateur permet ainsi de réunir des informations médicales qu'il serait normalement impossible d'obtenir. Son utilisation intervient autant au niveau du diagnostic que du traitement et met en jeu toute une série de techniques spécifiques qui n'ont plus grand-chose à voir avec la traditionnelle photographie aux rayons X. Il s'agit principalement des techniques de tomographie, de scintigraphie, d'échographie et de thermographie :

- **La tomographie :** il s'agit d'un procédé perfectionné de radiographie qui permet d'obtenir une image nette d'un seul plan de coupe d'organe, avec effacement des autres plans. Plusieurs procédés sont utilisés pour réaliser ces coupes :
  - **la scanographie ou « Computed tomographie » (CT) :** procédé de radiodiagnostic utilisant un scanner et qui consiste à traiter par ordinateur l'information fournie par les rayons X. La source de rayons X se déplace autour du corps et la quantité de rayonnement reçue par les tissus est transmise à l'ordinateur qui calcule leurs densités radiologiques et en reconstitue l'image sur un écran cathodique.
  - **la résonance magnétique nucléaire ou « Magnetic resonance imaging » (MRI) :** cette technique met à profit la propriété qu'ont certains noyaux atomiques placés dans un champ magnétique et stimulés par une onde radio de réémettre une partie de l'énergie absorbée sous forme de signal radio. L'intensité de la résonance est proportionnelle à la quantité d'hydrogène se trouvant dans le volume excité et montre la différence de concentration en eau des différents tissus. Cette technique permet de discriminer avec précision des zones de densité pratiquement identique.

- **la tomographie à positrons ou « Positron emission tomography » (PET) :** les deux techniques précédentes produisent essentiellement des images anatomiques. Avec la tomographie à positrons, il est possible d'obtenir, en plus, des images fonctionnelles et donc de déceler par exemple des problèmes chimiques ou électriques au niveau de la zone observée (fig.7.23).

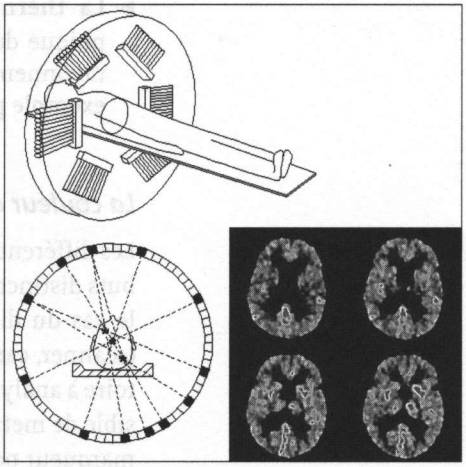


Fig.7.23

- **La scintigraphie :** il s'agit d'une technique d'analyse de la structure des corps opaques au moyen de rayons gamma. Après l'injection d'un corps radioactif dans la zone à étudier, on étudie la fixation de celui-ci dans l'organe ainsi que son évolution dans le temps (fig.7.24).

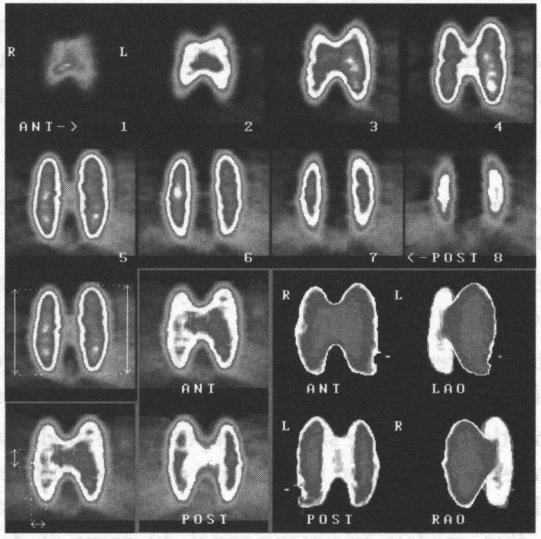


Fig.7.24

- **L'échographie :** il s'agit d'une technique d'imagerie utilisant la réflexion (écho) d'un faisceau d'ultrasons par les organes. Cette technique est utilisée, par exemple, pour l'analyse de l'évolution du fœtus humain (fig.7.25).

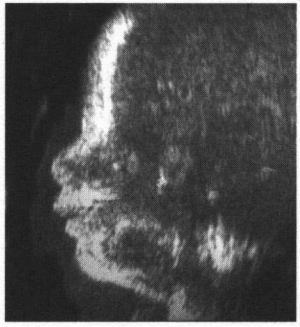


Fig.7.25

- **La thermographie** : il s'agit d'une technique d'enregistrement graphique des températures de divers points d'un corps par détection du rayonnement infrarouge qu'il émet. Cette technique est utilisée par exemple pour le dépistage des tumeurs du sein.

La couleur comme source d'information et de simulation

Les différentes techniques utilisées en imagerie médicale, répondent à trois buts distincts : le diagnostic, la simulation et la préparation des soins. Dans le cas du diagnostic, les différentes techniques de saisie mises en place (scanner, caméra, etc.) ont comme objectif d'établir une « carte » du territoire à analyser. Ainsi, dans le cas de la scintigraphie, par exemple, il est possible de mettre en évidence différentes parties du corps par l'injection d'un marqueur peu radioactif. Cette technique permet d'étudier la fixation de la substance au niveau des organes analysés, ainsi que l'évolution dans le temps. Grâce à l'utilisation de la couleur, il est très facile de visualiser rapidement l'effet de l'injection et de faire ressortir les zones à problèmes. L'échelle des couleurs constitue une source d'information précieuse. Il est ainsi possible, par exemple :

- de déceler des zones mortes au niveau du cœur (infarctus). Le rouge représentant les zones les plus actives ;
- de déceler une dégénérescence osseuse. Le rouge représentant une zone à fort taux de fixation ;
- de déceler des problèmes respiratoires (asthme). L'échelle du rouge au violet indique une bonne ou une mauvaise ventilation des poumons.

Après l'étape du diagnostic, la phase de simulation permet de modéliser le traitement avant sa mise en application réelle. Dans ce cas, les différentes coupes réalisées à l'aide du scanner sont empilées et servent à la reconstitution, sur ordinateur, d'un modèle tridimensionnel du corps et de ses organes : foie, poumons, reins, cerveau... (fig.7.26-7.27).

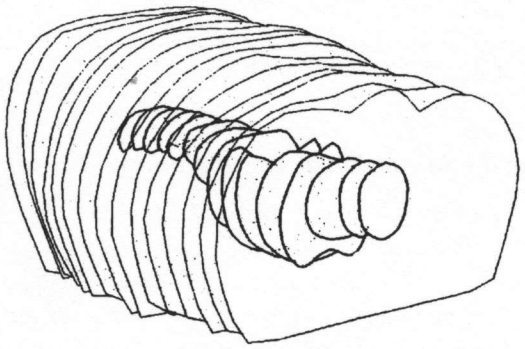


Fig.7.26

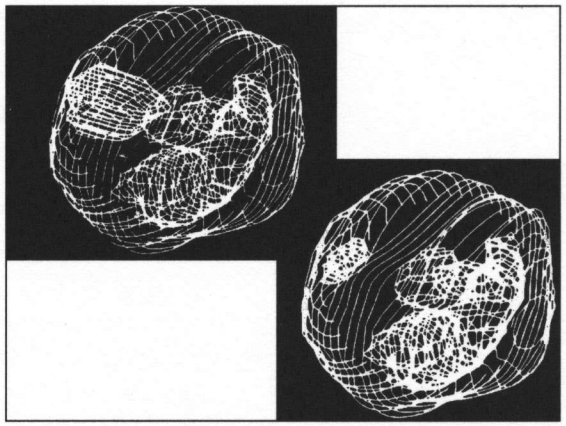


Fig.7.27

Sur la base de ce modèle en 3D, il est ensuite possible de simuler de manière optimale la conduite du traitement. Dans le cas du traitement contre le cancer, la simulation permet de choisir l'intensité et l'orientation du bombardement radioactif ainsi que la taille et l'emplacement des caches destinés à protéger les parties du corps dont l'exposition aux rayonnements serait néfaste. La couleur est utile au niveau de la simulation, pour faire ressortir les différentes parties du corps et pour représenter l'intensité du rayonnement (les iso-doses).

GLOSSAIRE DES MOTS-CLÉS

A

ABS : Acronyme de *Agfa's Balanced Screening Technology*. Technique de tramage numérique proposée par Agfa.

ACS : Acronyme de *Adobe's Accurate Screens*. Technique de tramage numérique proposée par Adobe.

A/D : Acronyme de *Analog to Digital*. C'est le procédé qui permet de transformer un signal analogique sous forme digitale ou numérique.

Achromatique : Se dit d'une couleur qui présente un spectre plat, quelle que soit la source d'éclairage. Le noir, les gris ou le blanc sont des couleurs achromatiques.

Achromatopsie : Anomalie visuelle qui se caractérise par une cécité totale aux couleurs.

Aérographe : Outil de dessin permettant d'obtenir un fin jet de peinture ou d'encre et de créer des dégradés de couleurs ainsi que des nuages de points.

AFT : Acronyme de *AM Fine Tuning*. Technique de tramage numérique proposée par la société AM.

Air Brush : voir Aérographe.

Aliasing : Effet visuel indésirable obtenu lors de l'affichage d'images courbes ou de diagonales ainsi que lors du passage d'une couleur ou d'une texture à une autre.

Aliassage : voir Aliasing.

Analogique : Par opposition à numérique, se dit de tout phénomène où la représentation des données se fait sous forme de grandeur physique continue.

Angle de trame : Orientation d'une trame de demi-teintes, exprimée en degrés.

Anti-aliasing : Technique de filtrage des contours utilisée pour réduire les effets visuels d'escalier (lignes courbes ou diagonales) ou indésirables (moiré, débordement des couleurs ou textures) lors de l'affichage d'images de synthèse.

Aperture grid : Technologie d'écran CRT dont les luminophores sont alignés en bandes verticales longues et non en triangle comme sur les écrans classiques à masque d'ombre. Cette technique a été introduite par Sony sous le nom « Trinitron ».

Aplat : Surface imprimée en noir ou en une seule couleur et présentant une valeur maximale (100 %).

API : Acronyme de *Application Program Interface*. Il s'agit de la partie d'un système d'exploitation qui sert d'interface entre des programmes d'application et l'ordinateur.

ATM : Acronyme de *Adobe Type Manager*. Il s'agit d'un programme d'Adobe qui permet l'affichage à l'écran des caractères tels qu'ils seraient produits par une imprimante laser.

APT : Acronyme de *Avalanche Photodiode Tube*. Technologie de capteur utilisée dans les caméras de détection ou d'analyse d'images.

B

Background Colour : Couleur d'arrière-plan. Il s'agit de la couleur située sur les parties de l'écran ne contenant pas de texte ou de graphiques.

Balance des blancs : Capacité d'un appareil photo à corriger les couleurs dans des conditions particulières comme le contre-jour ou avec la lumière artificielle.

Balayage de trame : Caractéristique d'un écran graphique, dans lequel le faisceau d'électrons balaie systématiquement toute la surface sensible. L'écran est ainsi découpé en lignes et chaque ligne en points.

Balayage entrelacé : Mode d'affichage peu performant consistant en deux passages. Au premier passage, ce sont les lignes paires qui sont affichées ; tandis qu'au second passage, ce sont les lignes impaires.

Balayage vecteur : Caractéristique d'un écran graphique, dans lequel le faisceau d'électrons balaie uniquement les traits visibles à l'écran.

Bande passante : Caractéristique d'un signal. Dans le cas d'un écran, elle exprime le nombre maximum de positions balayées par le faisceau d'électrons en 1/25e de seconde. L'unité est le hertz ou le mégahertz (MHz).

Banding : Effet de bandes. Il s'agit d'un effet non désiré visible dans les dégradés de couleurs provoqué par une définition insuffisante du périphérique de sortie.

Bâtonnets : Cellules photoréceptrices de la rétine qui assurent une vision en noir et blanc quand l'intensité lumineuse est faible.

Ben-Day : Procédé de mise en couleur qui doit son nom à son inventeur, Benjamin Day, un savant américain du début du vingtième siècle. Cette technique consiste à reconstituer « manuellement », c'est-à-dire par superposition, des couleurs à partir de deux ou trois des couleurs primaires de la quadrichromie.

Bichromie : Reproduction d'une image imprimée en deux couleurs.

Bitmap : Image graphique composée par un certain nombre de points par pouce. Se dit également d'une mémoire de « trame » qui stocke chaque point de l'écran sous la forme d'un bit pour les écrans monochromes ou de 2 à 8 bits pour les écrans couleur.

BMP : Acronyme de *windows BitMaP*. Format de fichier utilisé dans les environnements Windows.

Bromure : Terme de métier, désignant une épreuve de contrôle tirée sur papier photographique (dit papier au bromure).

Bruit : Phénomène parasite qui se superpose à un signal et modifie le résultat de la transmission de l'information. En traitement d'images, ces perturbations peuvent être atténuées par une étape de restauration.

C

CAD : voir CAO.

Calibration (ou étalonnage) : Opération qui consiste à maintenir un périphérique (scanner, écran, imprimante) dans un bon état de fonctionnement et à le régler de telle façon qu'il produit un résultat conforme aux normes du constructeur.

Camaïeux : Technique de coloriage ou de peinture monochrome, utilisant différents tons d'une même couleur, du clair au foncé.

CAO : Acronyme de Conception Assistée par Ordinateur (CAD en anglais). Elle couvre l'ensemble des aides à la conception d'un nouveau produit.

Capteur : Partie sensible d'un appareil photo numérique qui transforme les informations lumineuses en charges électriques.

Capture d'écran : Logiciel qui fait une copie point par point de tout ce qui est affiché sur l'écran à un moment donné.

Caractérisation : Opération qui consiste à mesurer un ensemble d'informations colorimétriques issues d'un périphérique (scanner, écran, imprimante...) et à les comparer à des valeurs de références dans le but d'établir un « profil » du périphérique.

Carte graphique : Carte électronique connectée sur la carte mère d'un ordinateur et qui contrôle l'affichage des données sur l'écran.

CCD : Acronyme de *Charged Coupled Device*. Diodes à transfert de charge. Il s'agit de barrettes contenant des milliers de photodiodes et utilisées dans les scanners et les appareils photo numériques.

Cercle Chromatique : Cercle divisé en douze parties et composé des trois couleurs primaires, des trois couleurs secondaires et des six couleurs tertiaires.

CGA : Acronyme de *Color Graphic Adapter*. Carte graphique de faible résolution pour ordinateur IBM PC et compatibles.

CGI : Acronyme de *Computer Graphics Interface*. Norme ISO (*International Standard Organization*) au niveau des interfaces graphiques pour les stations de travail.

CGM : Acronyme de *Computer Graphics Metafiles*. Norme ANSI pour les fichiers graphiques.

Charte : Document normalisé ayant l'aspect d'une mire et présenté sous la forme d'un fichier, d'un film ou d'un document imprimé, composé de plusieurs plages de couleurs, utilisé pour la caractérisation d'un périphérique. Les chartes principales sont l'IT8.7/1 pour les films et IT8.7/2 pour l'impression et la prise de vue numérique.

Chroma : Saturation d'une couleur.

Chromaticité : Caractéristique définissant la position d'une couleur dans le plan chromatique soit par définition de ses coordonnées chromatiques, soit par définition de sa teinte et de sa pureté.

Chrominance : Ecart colorimétrique entre deux couleurs de même luminance et donc situées dans le même plan chromatique.

Chromiste : Photograveur spécialisé dans la préparation des films pour les tirages en couleur.

CIE : Acronyme de Commission Internationale de l'Eclairage. Commission très active au niveau de normes concernant la couleur.

CIE-RGB : Système de repérage des couleurs établit en 1931 par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) à partir des trois couleurs fondamentales ou primaires (Rouge, Vert, Bleu) définies par leurs longueurs d'ondes dominantes : R (700 nm), V (546.1 nm) et B (435.8 nm).

CIE-XYZ : Extension du modèle de couleurs CIE-RGB dans lequel toutes les radiations colorées ont des coordonnées trichromatiques positives. Ce qui le rend plus facile d'utilisation.

CIE-xyY : Normalisation du système CIE-XYZ dans lequel chaque couleur est définie par sa chromaticité (x, y) et sa luminance Y.

CIELa*b* : Aussi connu sous le nom de CIELab, ce modèle a été développé en 1976 par la CIE. Il couvre l'intégralité du spectre visible par l'œil humain et le représente de manière uniforme. Il permet donc de décrire l'ensemble des couleurs visibles indépendamment de toute technologie graphique. De cette façon il comprend la totalité des couleurs RGB et CMYK, c'est la raison pour laquelle des logiciels tels que PhotoShop utilisent ce mode pour passer d'un modèle de représentation à un autre.

CIS : Acronyme de *Contact Image Sensor*. Technologie de capteur qui tend à remplacer la technologie CCD sur les scanners d'entrée de gamme.

Clarté : Il s'agit d'un des trois facteurs permettant de caractériser l'apparence d'une couleur. La clarté concerne la quantité de lumière transmise par la surface d'un objet. Elle s'exprime par des adjectifs tels que « clair » ou « foncé ».

CLUT : Acronyme de *Color LookUp Table*. Table de couleurs dans laquelle ces dernières sont stockées sous forme d'index.

CMJN : Acronyme de Cyan, Magenta, Jaune et Noir (voir CMYK).

CMM : Acronyme de *Color Management Module* (Module de gestion des couleurs). Le CMM est la partie du SGC (Système de gestion des couleurs) qui mappe (convertit) une gamme en une autre. Lorsque les couleurs d'une gamme d'un périphérique sont affichées sur un périphérique ayant une gamme différente, le CMM utilise des profils de périphérique et des modes de rendu pour optimiser les couleurs affichées

entre les deux périphériques. Le CMM effectue ceci en mappant les couleurs hors gamme dans la plage de couleurs pouvant être produite par le périphérique de destination.

CMOS : Acronyme de *Complementary Metal Oxide Semi-Conductor*. Technologie utilisée par les capteurs d'appareils photo numériques bas de gamme.

CMS : Acronyme de *Colour Management System*. Système de gestion des couleurs assurant la cohérence des couleurs d'un bout à l'autre de la chaîne de traitement graphique.

CMY : Acronyme de *Cyan*, *Magenta* et *Yellow*. Mode de composition de la couleur, basé sur le principe des couleurs soustractives. L'addition de ces trois couleurs donne le noir.

CMYK : Acronyme de *Cyan*, *Magenta*, *Yellow* et *blacK*. Il s'agit des quatre couleurs de base de la quadrichromie.

Codage : Technique utilisée en traitement d'images pour compresser les images stockées sous forme de « bits » et rendre ainsi la quantité d'information compatible avec la capacité de traitement des ordinateurs.

Color gamut : Gamme des couleurs disponibles sur un périphérique de sortie (écran graphique, imprimante, etc.).

Colorimètre : Appareil photosensible mesurant les couleurs, selon le même principe que l'œil humain, par filtrage de leurs composantes rouge, verte et bleue.

Colorimétrie : Science qui permet de définir et de cataloguer les couleurs.

Colorisation : Transformation des images en noir et blanc en images en couleur.

Color matching : Technique d'égalisation des couleurs permettant d'obtenir à l'impression des couleurs identiques à celles définies sur l'écran.

ColorSync : Technologie de calibrage des couleurs développée par Apple. Elle assure la cohérence des teintes tout au long de la chaîne graphique. Disponible aussi sous Windows sous le nom de ICM.

Color tracking : Mesure de la précision de « tir » des trois canons à électrons et leur capacité de fournir exactement la même intensité sur l'écran.

Computer-To-Film (CTF) : Caractérise une chaîne graphique dont le flux de l'information est traité de façon numérique jusqu'à la production du film.

Computer-To-Plate (CTP) : Caractérise une chaîne graphique dans laquelle il y a suppression de l'étape du film. Les fichiers issus du RIP sont transmis directement à un dispositif (unité d'insolation / graveur CTP) qui « imprime » directement les plaques, grâce à un laser ou une diode laser émettant dans le visible ou l'infrarouge.

Computer-To-Press (CTPress) : Caractérise une chaîne graphique dans laquelle les plaques sont gravées directement sur la presse.

Computer-To-Print (CTPrint) : Caractérise une chaîne graphique dans laquelle une image « latente » est générée directement à chaque tour de presse, puis révélée.

Cônes : Cellules photoréceptrices de la rétine qui assurent la vision des couleurs quand l'intensité lumineuse est suffisante. La rétine en possède trois types différents, contenant chacun un pigment dont le maximum d'absorption se situe dans les faibles (le bleu), les moyennes (le vert) ou les grandes longueurs d'ondes (le rouge) du spectre visible.

Contraste de couleurs : Effet relatif à l'opposition de deux couleurs différentes, dont la perception est soit simultanée (juxtaposition spatiale), soit consécutive (juxtaposition temporelle).

Convergence : Caractérise la déviation des trois faisceaux d'électrons d'un écran à tube par rapport au point de convergence, c'est-à-dire le pixel de l'écran.

Conversion chromatique : Processus consistant à convertir les couleurs d'un espace chromatique dans un autre (par exemple de RGB à CMYK).

Corps noir : Corps qui absorbe complètement toutes les radiations incidentes et émet un spectre caractéristique en fonction de la température à laquelle il est porté.

Correction chromatique : Modification des valeurs chromatiques des pixels d'une image (luminosité, contraste, gamma, teinte, saturation) en vue d'obtenir un résultat optimal à l'impression.

Correction gamma : Correction de la gamme des tons d'une image, généralement par le réglage des courbes tonales.

Couche alpha : Représentation en niveaux de gris 8 bits d'une image, servant en particulier à créer des masques pour en isoler une partie.

Couleur directe : Couleur pouvant être affichée directement à l'écran sans faire appel à une palette de couleurs. Chaque pixel de l'écran est codé sur 24 bits. Ce qui permet d'obtenir une gamme de 16,7 millions de nuances.

Couleur indexée : Couleur stockée sous forme d'index dans une table de couleurs dénommée « CLUT » (*Color LookUp Table*).

Couleurs complémentaires : Couleurs qui sont diamétralement opposées sur le cercle chromatique. Le rouge est ainsi complémentaire du vert.

Couleurs primaires : Couleurs qui ne peuvent pas être obtenues par le mélange d'autres couleurs. Il s'agit du jaune, du bleu et du rouge.

Couleurs secondaires : Couleurs obtenues à l'aide du mélange égal des couleurs primaires entre elles. Il s'agit du vert, du violet et de l'orange.

Couleurs tertiaires : Couleurs obtenues par le mélange des couleurs voisines sur le cercle chromatique.

Crénelage : voir Aliasing.

Cromalin : Epreuve de contrôle couleur (marque déposée Dupont de Nemours) réalisée par procédé analogique, permettant de valider les films de photogravure. Le Cromalin est une référence couleur simulant le CMJN Eurostandard utilisé comme Bon à tirer avant impression.

Cromalin digital : Epreuve de contrôle couleur (marque déposée Dupont de Nemours) réalisée d'après fichier numérique sur imprimante jet d'encre, permettant de valider le fichier avant le flashage ou l'impression directe en numérique. Le Cromalin digital est une référence couleur simulant le CMJN Eurostandard utilisé comme Bon à tirer avant impression.

CRT : Acronyme *de Cathode Ray Tube*. Il s'agit du tube à rayon cathodique utilisé au niveau de l'écran vidéo.

CSS : Acronyme de *Cascading Style Sheets*. Spécification HTML, développée par le consortium W3, permettant aux créateurs de pages Web d'attacher des feuilles de style à des documents HTML. Les CSS fournissent un contrôle typographique complet des pages Web. Elles permettent d'associer des styles - polices, couleurs, espace, positionnement, marges, etc. - à des éléments d'un document HTML.

D

D/A : Acronyme de *Digital/Analog*. Numérique/Analogique.

DAC : Acronyme de *Digital to Analog Converter*. Il s'agit d'un équipement permettant de convertir un signal digital en son équivalent analogique.

Daltonisme : voir Dichromatisme.

DAO : Acronyme de Dessin Assisté par Ordinateur. Ensemble des aides à la visualisation graphique et à la réalisation des plans nécessaires à la fabrication d'un produit.

DCS : Acronyme de *Desktop Colour Separation*. Format d'enregistrement d'une image produisant quatre fichiers PostScript distincts plus un cinquième fichier EPS « maître » en niveaux de gris ou couleur.

Définition de l'écran : Nombre de points élémentaires ou pixels qui composent l'écran. Suivant la qualité de l'écran on parlera de basse ou de haute définition. Les valeurs habituelles varient entre 640 x 480 pixels (mode VGA) et 1600 x 1200 pixels (mode UXGA). La définition dépend des caractéristiques de l'écran et de la carte graphique.

Dégradé : Transition progressive entre la couleur de premier plan et la couleur d'arrière-plan.

Demi-teintes : Procédé de reproduction en noir et blanc d'une image à tons continus. Les différents tons étant simulés par une trame de points de surface variable.

Densimètre : Instrument mesurant la densité d'une pellicule exposée (mode transmissif) ou des encres imprimées (mode réflectif). Dans l'industrie de l'imprimerie, le densimètre permet de mesurer la précision de sortie des trames de demi-teintes en pourcentages de points discrets. Il est ainsi utilisé comme outil d'étalonnage pour les photocomposeuses et les presses.

Densité : Capacité d'un objet à absorber la lumière. Plus la densité de l'objet est élevée, moins il réfléchit la lumière.

Densité du noir : Quantité d'encre déposée sur le cliché noir lors de la séparation des couleurs.

Dichromatisme : Anomalie visuelle qui se caractérise par l'incapacité de distinguer certaines couleurs.

Diffraction : Interférences lumineuses provoquées par l'interaction d'ondes électromagnétiques.

Diffusion : Dispersion de la lumière dans toutes les directions, provoquée par la rencontre de celle-ci avec les différents petits obstacles (poussière, vapeur d'eau, fumée, etc.) présents sur son parcours.

DIN : Système de classification des couleurs similaire au système Munsell, d'origine allemande et dans lequel chaque couleur est décrite à l'aide de la teinte (T), la saturation (S) et la luminosité décroissante (D, Dunkelstufe).

Dispersion : Séparation des rayons lumineux en leurs longueurs d'onde constituantes.

Dithering : Technique de traitement d'image permettant la simulation de couleurs sur des périphériques ayant une palette de couleurs limitée.

Dot pitch : Finesse des points constituant la surface de l'écran. Elle dépend du « pas » du masque à travers lequel les électrons doivent passer avant d'atteindre la surface sensible de l'écran. Les tailles courantes vont de 0,26 à 0,47 mm.

Dmax : Valeur de densité maximale d'une image numérisée ou d'un document à numériser.

Dmin : Valeur de densité minimale d'une image numérisée ou d'un document à numériser.

DPI : Acronyme de *Dots Per Inch* (Points par pouce). Il s'agit d'une unité de mesure utilisée pour la définition d'une image en nombre de points par pouce. Plus le nombre de points est élevé, meilleure sera la définition de l'image.

Droite des pourpres : Droite qui joint les extrémités du « spectrum locus » (courbe enveloppe de l'espace chromatique).

DTP : Acronyme de *DeskTop Publishing*. Publication assistée par ordinateur (voir PAO).

E

Ecart chromatique : Distance séparant deux points de couleur dans un espace chromatique uniforme (CIELuv ou CIELab). L'écart chromatique s'exprime en unités Mac Adam.

Echantillonnage : Technique utilisée en traitement d'images pour « capter » le monde extérieur, grâce à une caméra, et convertir cette réalité physique en langage informatique.

Eclairement : Etape du processus de construction d'une image de synthèse qui consiste à soumettre la scène représentée aux différents effets de la lumière.

Ecran graphique : C'est le plus important des périphériques de sortie d'un ordinateur, permettant la visualisation des graphiques et dessins. Le type d'écran le plus courant est un tube à rayons cathodiques.

Editeur graphique : Logiciel graphique gérant le dessin à l'écran.

EGA : Acronyme de *Enhanced Graphic Adapter*. Carte graphique pour ordinateurs IBM PC et compatibles, caractérisée par une définition de 640x350 points et par un choix de 4 à 16 couleurs suivant la mémoire installée.

Enhanced dot pitch : Technologie d'écran CRT développée par Hitachi en 1997. Elle reprend l'idée du « shadow mask » mais s'en différencie par la forme des perforations qui ne sont plus rondes mais ovales. Comme la perte de luminosité est moins importante les images sont plus lumineuses.

Entrelacement : voir Balayage entrelacé.

Epreuve : Feuille imprimée avant le tirage, servant à indiquer les corrections.

Epreuve de photogravure : Document obtenu soit par un procédé photographique, soit par un procédé d'impression, et destiné au contrôle du processus de reproduction des images (monochrome ou polychrome).

EPS : Acronyme de *Encapsulated PostScript* (voir EPSF).

EPSF : Acronyme de *Encapsulated PostScript Format*. Il s'agit du format de fichiers utilisé par le langage PostScript. Les fichiers EPSF renferment une description de l'image en langage PostScript. Il s'agit d'un format très complet car il contient entre autres des informations sur le niveau de gris, le choix de la trame et l'angle de la trame.

Espace colorimétrique : Représentation tridimensionnelle de l'espace chromatique, chaque axe correspondant à l'une des coordonnées trichromatiques. Cet espace est dit uniforme si la distance séparant deux points couleur de cet espace est représentative d'une différence visuelle.

F

FEM : Acronyme de *Finite Element Method*. Méthode de calcul mise au point dans le courant des années 60 qui consiste à subdiviser les structures, les surfaces ou les objets complexes en petites unités calculables.

Flashage : Insolation des pixels sur un système numérique de restitution d'image.

Flasheur : Technicien qui produit des films à partir de documents traités sur un micro-ordinateur.

Flicker : Effet de scintillement visible sur certains écrans de télévision ou d'ordinateur mal réglés.

Floyd-Steinberg : Algorithme de « dithering » reconnaissable par l'aspect granuleux de l'image générée.

Fréquence de balayage horizontal : Caractérise la vitesse de « rafraîchissement » d'un écran. Elle se mesure en nombre d'images (c'est-à-dire d'écrans complets) générées par seconde et s'exprime en hertz (Hz).

Fréquence de balayage vertical : Mesure le nombre maximum de lignes que l'écran peut balayer par seconde. Elle varie habituellement de 15,75 à 75 kHz.

Feuille de style en cascade : voir CSS (*Cascading Style Sheets*).

G

Gamma : Mesure du contraste dans les niveaux de gris moyens d'une image.

Gamme : Totalité de la plage de couleurs reproduites par un périphérique. Une couleur est dite « hors gamme » lorsque sa position dans l'espace colorimétrique d'un périphérique ne peut pas être directement traduite dans l'espace colorimétrique d'un autre périphérique.

Gamut : voir Gamme.

GCR : Acronyme de *Gray-Component Replacement*. Extension du procédé UCR au niveau de toute la surface de l'image où les couleurs cyan, magenta et jaune se chevauchent.

GDI : Acronyme de *Graphic Device Interface*. Système utilisé par Windows pour la création de graphiques indépendants des périphériques.

GIF : Acronyme de *Graphics Interchange Format*. Format de fichier graphique conçu par Compuserve et utilisé principalement aux USA dans le cadre des échanges de fichiers sur les réseaux publics.

Gouraud (modèle de) : Méthode de lissage par interpolation des intensités en chaque point.

Grayscale : Niveau de gris. Image en tons continus, c'est-à-dire non tramée.

H

Halftone : Désigne une image contenant des niveaux intermédiaires de saturations, par opposition aux documents traités «au trait» (line art).

Halftone cell : Cellule, constituée d'un ensemble de points, utilisée dans le cadre du tramage numérique pour reproduire des « points de trame » de tailles différentes.

Halftone dot : voir Point de trame.

Halftoning : voir Similigravure.

Hard-copy : Copie intégrale du contenu de l'écran sur un support papier.

Hexachromie : Appelée également impression HiFi. Méthode d'impression en 6 couleurs : Cyan, Magenta, Jaune, Noir auxquelles il est ajouté un orange et un vert. La combinaison de ces 6 couleurs permet une reproduction plus fidèle de l'original.

High key : Désigne une image ne contenant que des tonalités claires ou moyennes ; les tonalités sombres en sont exclues.

Histogramme : Représentation graphique indiquant combien de pixels possèdent une valeur chromatique donnée.

HQS : Acronyme de *High-Quality Screening*. Technique de tramage numérique développée par Linotype/Hell.

HSB : Acronyme de *Hue Saturation Brightness*. Voir HSL.

HSG : Acronyme de *High Sierra Group*. Il s'agit du groupement des constructeurs qui ont défini le standard High Sierra utilisé au niveau des CD-ROM et DON.

HSL : Acronyme de *Hue Saturation Luminance*. Modèle de représentation des couleurs basé sur une perception naturelle des couleurs. Ce modèle permet de spécifier chacune des couleurs en termes de Teinte (*Hue*), de saturation (*Saturation*) et de luminance (*Luminance*). Les modèles dérivés sont : HCL, HSV, HSB.

HSV : Acronyme de *Hue Saturation Value*. Voir HSL.

I

ICC : Acronyme de *International Color Consortium*. Etabli en 1993 par huit fabricants (y compris Adobe Systems) dans le but de créer, de promouvoir et d'encourager la standardisation et l'évolution de l'architecture et des composants d'un système de gestion des couleurs ouvert, sans distinction de fabricant, de plate-forme ni de composant.

ICM : Acronyme de *Image Color Matching*. Système de gestion des couleurs de Microsoft Windows. Il permet d'établir une correspondance des couleurs entre l'affichage écran et l'impression sur imprimante.

Image de synthèse : voir Synthèse d'images.

Image numérique : Image créée sur ordinateur et définie par un ensemble de points appelés « pixels ». A chacun de ces points correspond un nombre qui permet de coder sa position et ses caractéristiques graphiques (couleur, intensité).

Image réaliste : Type d'image de synthèse dont l'apparence visuelle se rapproche très fortement des objets réels jusqu'à se confondre avec eux.

Imageur : Périphérique permettant la transcription d'une image numérique sur une diapositive à l'aide d'une technique de « rastérisation » et de l'utilisation de filtres rouge, vert et bleu.

Impression quadri : Impression sur une presse utilisant quatre couleurs (cyan, magenta, jaune et noir) pour créer l'illusion d'images à tons continus. Pour cette raison, le cyan, le magenta, le jaune et le noir sont également appelés couleurs quadri (CMJN).

Incrustation : Procédé qui consiste à insérer dans une image, vidéo en particulier, une partie graphique supplémentaire (objet synthétique ou numérisé).

Infographie : Abréviation de Informatique Graphique.

Infrarouge : Rayonnement de longueur d'onde supérieure au domaine visible. C'est-à-dire dont la valeur est supérieure à 780 nm.

Interactivité : Caractérise tout ce qui se rapporte au dialogue Homme-Machine. Elle est constituée par l'ensemble des moyens (logiciel et matériel) permettant des actions réciproques en mode dialogué et en temps réel.

Interfaçage : Liaison entre deux systèmes matériels et/ou logiciels leur permettant d'échanger des informations.

Interpolation : Technique mathématique utilisée dans le cadre de la définition de courbes ou de surfaces. Celles-ci passant par les points de contrôles utilisés pour leur définition.

ISO : Acronyme de *International Organisation for Standardisation*. En photographie ce terme définit la sensibilité d'un film et par extension celle d'un capteur. Elle remplace les normes ASA et DIN.

J

JPEG : Acronyme de *Joint Photographic Expert Group*. Il s'agit d'un standard CCITT/ISO définissant l'algorithme de compression/décompression d'images fixes en couleurs ou à niveaux de gris. Cette norme sera particulièrement d'application au niveau du multimédia.

L

Lancer de rayons : Méthode très performante utilisée dans le cadre de la génération d'images réalistes. Elle permet l'élimination des parties cachées, la prise en compte

des phénomènes de réflexion, de réfraction et de transparence, le calcul des ombres propres et portées et le traitement d'anti-aliassage.

Laser : Acronyme de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.* Technique utilisée dans le cadre des imprimantes à laser et des disques optiques numériques.

LCD : Acronyme de *Liquid Cristal Display.* Affichage à cristaux liquides.

Linéature : Mesure de la finesse d'une trame imprimée exprimée en nombre de lignes par pouce linéaire.

Lissage : Procédé consistant à adoucir l'aspect heurté de certains contours en synthèse d'images. Le lissage est basé sur différentes techniques d'interpolation et permet, par exemple, de rendre imperceptible les facettes d'un visage.

Longueur d'onde : Distance parcourue par une onde pendant une oscillation.

Low key : Image qui présente essentiellement des tonalités foncées.

Lumière ambiante : Lumière qui éclaire toute la scène uniformément.

Lumière directionnelle : Source de lumière supposée à l'infini et qui éclaire la scène avec des rayons parallèles à une direction donnée.

Lumière ponctuelle : Source de lumière supposée placée en un point précis et qui rayonne la lumière radialement.

Luminance : voir Luminosité.

Luminophore : Elément photoémetteur qui recouvre l'écran des tubes à rayons cathodiques.

Luminosité : Dans le système HLS de représentation des couleurs, la luminosité définit la part de noir ou de blanc contenue dans la couleur sélectionnée.

LZW : Acronyme de *Lempel-Ziv-Welch.* Il s'agit d'un algorithme de compression de fichiers utilisé, entre autres, par le format GIF et des programmes de compression comme PKZIP ou LHARC.

M

Matchprint : Epreuve de contrôle (marque déposée 3M) permettant de valider les films de photogravure. Le Matchprint est une référence couleur.

Matrice passive : Technologie d'écran LCD basée sur une grille de fils conducteurs horizontaux et verticaux dont chaque intersection génère un pixel par activation du cristal liquide s'y trouvant.

Matrice active : Technologie d'écran LCD dans laquelle chaque élément à cristaux liquides qui constitue un pixel est commandé directement par un ou plusieurs transistors qui lui sont affectés.

Maillage : Opération qui consiste à découper une structure en éléments finis. Elle est utilisée dans le cadre du calcul par éléments finis (FEM) ainsi que dans certaines techniques de modélisations surfacique et volumique.

Mapping : Opération qui consiste à « coller » une image sur un volume quelconque. Cette technique est utilisée, entre autres, en Synthèse d'images pour la génération de textures.

Maquette numérique ou virtuelle : Représentation géométrique interne à l'ordinateur d'un objet en cours de conception. Cet objet, qui n'a pas encore d'existence réelle, existe cependant de manière virtuelle et peut faire office de prototype pour des essais divers.

MCA : Acronyme de *Micro Channel Architecture*. Bus de données interne créé par IBM pour sa gamme d'ordinateurs PS/2. Ce bus est incompatible avec le bus ISA qui équipe les PC-XT et AT.

MCGA : Acronyme de *Multi Color Graphics Array*. Norme d'affichage proposée par IBM pour sa gamme d'ordinateurs PS/2. Elle permet d'afficher 320 x 200 points en 256 couleurs ou 640 x 480 points en 2 couleurs.

MDA : Acronyme de *Monochrome Display Adapter*. Norme d'affichage pour les ordinateurs IBM PC et compatibles. Affichage monochrome, en mode texte, de 25 lignes de 80 caractères.

Mégapixel : Correspond à 1 million de pixels.

Mémoire d'entretien : voir Mémoire de trame.

Mémoire de trame : Mémoire numérique qui contient l'ensemble des traits dessinés à l'écran à un instant donné. Elle est utilisée pour «rafraîchir» l'écran autant de fois que la persistance des luminophores le rendra nécessaire (en général 25 fois par seconde).

Métamérisme : Phénomène caractérisant des couleurs qui ont tendance à changer de tonalité sous certaines conditions telles qu'un changement de lumière.

Méthode des éléments finis : voir FEM.

Microweave : Fonction spécifique des imprimantes à jet d'encre Epson permettant de minimiser les irrégularités de qualité de l'impression et assurant une sortie de haute qualité.

Mode de rendu : Méthode utilisée par le module de gestion de couleurs (CMM) pour convertir les couleurs de l'espace colorimétrique d'un périphérique vers un autre. Quatre modes de rendu sont utilisés : Perception, Saturation, Colorimétrique relatif et Colorimétrique absolu.

Modèle : Résultat de la modélisation.

Modélisation : Technique qui consiste à restituer sous une forme compréhensible par l'ordinateur un objet ou un phénomène quelconque qui pourront par la suite être manipulés et visualisés au sein de ce dernier.

Moirage : Effet indésirable produit par la superposition de trames de demi-teintes dont les angles sont incorrects.

Monochromatique : Se dit d'un rayonnement caractérisé par une seule fréquence.

MPEG : Acronyme de *Motion Picture Expert Group*. Il s'agit d'une norme définissant la compression/décompression d'images vidéo animées. Cette norme sera d'application au niveau du multimédia.

Munsell : Système d'identification des couleurs défini par le peintre américain A.H. Munsell. Chaque couleur est identifiée par trois critères : teinte (*hue*), luminosité (*value*) et saturation (*chroma*).

N

Nanomètre : Unité de mesure des longueurs d'onde de la lumière visible.

Niveau de gris : Nombre de valeurs demi-teintes affichables simultanément sur un écran graphique d'ordinateur.

Non entrelacé : Mode d'affichage consistant en un seul passage. Voir aussi Balayage entrelacé.

NTSC : Norme américaine de codage de l'image couleur.

Numérique : Qualifie, par opposition à analogique, la représentation des données au moyen de nombres.

Numérisation : Opération qui consiste à enregistrer les données (une image, un plan) sous une forme numérique.

Numériseur : Dispositif de saisie permettant d'enregistrer les données sous une forme numérique. On trouve ainsi des caméras ou des tablettes à numériser.

O

OCR : Sigle pour *Optical Character Recognition*. Technique permettant la lecture optique des caractères et leur reconnaissance.

Offset : Procédé d'impression utilisé en imprimerie, basé sur le principe de la répulsion de certains corps pour d'autres. Ainsi dans le cas présent, l'eau et l'encre (corps gras), mises en présence, se repoussent mutuellement.

Ombrage : Technique de calcul permettant d'appliquer une ou plusieurs sources de lumière sur une scène et d'obtenir l'intensité de lumière en chaque point.

Ombre propre : Faces des objets ne recevant pas de lumière.

Ombres portées : Zones d'ombre engendrées par les différents objets d'une scène en dehors des faces à l'ombre des objets eux-mêmes.

OPI : Acronyme de *Open Prepress Interface*. Norme standard d'échange entre un système prépress haut de gamme et un système de PAO. Ce protocole est fondé sur le format standardisé d'échange PostScript. Il contient des informations au niveau du placement, de la taille et du recadrage d'images, ce qui minimise les coûts de montage et de retouchage.

Ostwald System : Méthode de mesure de la couleur impliquant l'utilisation de diagrammes indiquant des dégradés de même tonalité.

Overprint colours : Couleurs de surimpression. Couleurs que l'on imprime en complément sur les autres couleurs pour obtenir une teinte particulière.

P

PAL : Norme européenne de codage de l'image couleur.

Palette : Menu particulier contenant l'ensemble des couleurs qui peuvent être sélectionnées dans un programme de dessin.

Palette graphique ou électronique : Dispositif de création graphique composé d'un écran et d'une tablette permettant à l'utilisateur de créer des formes, de composer des images peintes et de procéder à divers traitements graphiques des images ainsi produites.

Pantone : voir PMS.

PAO : Acronyme de *Publication Assistée par Ordinateur*. Mode de réalisation de publications (revues, publicité, etc.) où l'ensemble de la chaîne de conception - production utilise l'ordinateur.

Pavage : Technique permettant de multiplier un motif sur une surface donnée. Elle est utilisée en traitement d'images pour créer des fonds de décor géométriques.

PCX : Format de fichier graphique développé par les concepteurs du logiciel PC-Paintbrush.

PDF : Acronyme de *Portable Document Format*. Il s'agit d'un format indépendant de sa plate-forme de création, développé par Adobe. Conçu à l'origine pour faciliter l'échange de documents au sein et hors de l'entreprise, il est devenu non seulement très populaire, mais aussi le format privilégié pour l'Internet et l'industrie graphique.

PDF/X : Norme développée pour l'échange de documents numériques et plus spécifiquement pour l'échange de données basées sur la gestion des couleurs. Cette norme devrait pallier le manque de sécurisation des fichiers PDF lors de leur traitement prépresse. La norme PDF/X-1 définit l'échange complet de données numériques de préimpression employant les données CMJN et les couleurs d'accompagnement (PDF/X-1a). La norme PDF/X-2 (en cours d'approbation) devrait devenir une directive définissant l'échange partiel de données numériques d'impression. La norme PDF/X-3 définit l'échange complet de données numériques qui peuvent être des données CMJN, RVB ou Lab. PDF/X-3 est adapté à l'échange de données basées sur la gestion des couleurs.

Persistance : Durée pendant laquelle une image, produite par les substances photoémettrices recouvrant l'écran, reste claire, lumineuse et nette.

Phong (modèle de) : Méthode de lissage par interpolation des normales en chaque point d'une figure.

Photo CD : il s'agit d'un service qui permet de faire numériser des négatifs ou des diapositives. Il ne permet pas contrairement au Picture CD de faire numériser ses photos lors du développement ; par ailleurs, il ne contient pas de logiciel destiné à visualiser les images numérisées. Le Photo CD est avant tout destiné aux professionnels contrairement au Picture CD qui est destiné à l'amateur de par sa simplicité d'utilisation et son prix.

Photocomposition : Procédé de composition fournissant directement des textes sur films photographiques.

Photogravure : Ensemble des techniques de reproduction de documents originaux destinés à l'imprimerie. Les procédés sont photomécaniques ou numériques.

Photoscope : dénomination professionnelle des appareils photo numériques.

Photostyle : Outil de saisie constitué d'un crayon contenant une cellule photoélectrique qu'on pointe sur l'écran pour sélectionner une commande ou désigner un point.

PICT : Format de stockage des dessins vectorisés sous Macintosh.

PICT2 : Version modifiée du format PICT, qui reconnaît les couleurs et fonctionne avec les cartes graphiques 24 bits.

Picture CD : il s'agit d'un service, créé par Kodak à l'origine, qui permet de faire numériser ses photos lors du développement à partir d'un film négatif 24x36 ou d'un film APS.

Pitch : voir Dot Pitch.

Pixel : Acronyme de *Picture Element*. Il constitue le plus petit élément de l'image et est donc, en quelque sorte, l'équivalent d'un point.

PMS : Acronyme de *Pantone Matching System*. Il s'agit d'un système de référence très complet et universel permettant au graphiste de choisir une nuance parmi une gamme comprenant 1114 couleurs distinctes identifiées par un numéro de référence. L'avantage du nuancier Pantone réside dans le fait que les couleurs sont préfabriquées, ce qui évite les surprises et le tramage inhérents à la quadrichromie.

PMT : Acronyme de *Photo Multiplier Tube*. Tube à vide convertissant un signal lumineux en signal électrique, et amplifiant en même temps le signal électrique. Ces capteurs photosensibles sont utilisés dans les scanners haut de gamme.

PNG : Acronyme de *Portable Network Graphics*. Format graphique développé sur base des recommandations du consortium W3, pour remplacer le format GIF qui est soumis à des droits d'auteur de la part d'Unisys. Codé sur 24 bits et sans déperdition, ce format offre une amélioration considérable de la spécification GIF89a.

Point blanc : Point de référence sélectionné pour désigner la zone la plus sombre d'une image et à partir duquel s'échelonnent les tons de toutes les autres zones.

Point noir : Point de référence sélectionné pour désigner la zone la plus claire d'une image et à partir duquel s'échelonnent les tons de toutes les autres zones.

Point de trame : Unité de base d'une surface tramée. Un point de trame généré numériquement est constitué de plusieurs pixels dont le nombre varie suivant la résolution de l'outil d'impression.

PostScript : Langage de description de page créé par Adobe et destiné aux imprimantes et aux photocomposeuses.

PPP : Acronyme de *Pixels Par Pouce*. Mesure exprimant le nombre de pixels par pouce linéaire utilisé pour définir la résolution d'une image.

PREAO : Acronyme de PREsentation Assistée par Ordinateur. Elle regroupe l'ensemble des outils (logiciels et matériels) permettant de réaliser une présentation de documents assistée par ordinateur.

Primitives graphiques : Eléments de base d'un logiciel graphique (point, ligne, surface, volume, etc.).

Process colour : Impression en quadrichromie. Méthode d'impression des documents polychromes à partir des couleurs de base : cyan, magenta, jaune et noir.

Processeur graphique : Processeur spécialisé qui décharge le processeur central pour toutes les opérations en rapport avec l'affichage sur l'écran.

Profil de périphérique ICC : Fichier décrivant comment un périphérique particulier (un moniteur, un scanner, une imprimante ou une tireuse d'épreuves, par exemple) voit ou reproduit les couleurs (c'est-à-dire, son espace colorimétrique spécifique). Les profils peuvent être génériques ou personnalisés. Les profils de périphérique génériques sont créés par le fabricant du périphérique, qui examine les caractéristiques de couleur d'un groupe de périphériques identiques dans des conditions déterminées, à l'aide d'instruments et d'un logiciel de création de profils de périphérique. Les profils de périphérique personnalisés sont créés pour un périphérique individuel à l'aide d'un instrument de mesure colorimétrique (un spectrophotomètre ou un colorimètre, par exemple) et d'un logiciel de création de profils de périphérique.

Profondeur de couleur : Désigne le nombre de bits nécessaires pour définir la couleur d'un pixel.

Pseudo-couleurs : Ensemble de couleurs attribuées de façon arbitraire à une image pour lui donner une valeur informative.

Psychométrie : Science de la mesure des couleurs fondée sur l'évaluation visuelle de l'apparence des sensations colorées.

Q

Quadrichromie : Technique de reproduction de documents polychromes à partir des couleurs de base : cyan, magenta, jaune et noir. Dans le cas de l'impression offset, l'image originale est restituée par l'impression successive sur papier blanc des quatre images réalisées en sélection.

QXGA : Acronyme de *Quad eXtended Graphics Array*. Norme d'affichage de 2048 x 1536 pixels.

R

Radiance : Lumière émise par les surfaces des objets, indépendamment de toute source de lumière externe.

Radiosité : Technique de modélisation de la lumière permettant de calculer l'illumination globale d'une scène indépendamment de la position de l'observateur. Quant à la radiosité d'une surface, il s'agit de la quantité de lumière quittant celle-ci.

Rafraîchissement de l'écran : Opération qui consiste à réafficher à l'écran (habituellement 25 fois par seconde) l'image qu'il contient pour éviter tout effet désagréable de scintillement.

RAM : Acronyme de *Random Access Memory*. Mémoire vive qui sert à recevoir les programmes externes et les données. La capacité de cette mémoire s'exprime en ko RAM ; elle est au minimum de 512 ko pour un ordinateur de bureau.

Raster : Se dit d'un fichier contenant des données stockées sous la forme d'un ensemble de points ou d'un écran à balayage de trame (balayage récurrent ou télévision).

Ray-Tracing : voir Lancer de rayons.

Recouvrement : Légère augmentation de la surface des objets imprimés dans chacune des couleurs de base, destinée à éviter la présence de zones blanches dues à un mauvais alignement lors de la superposition des clichés.

Réflectance : Détermine la fraction de la lumière incidente réémise par réflexion, lors de l'éclairement de la surface d'un objet.

Réflectivité : Rapport entre la lumière réfléchie et la lumière incidente dans le cadre de l'éclairement d'une surface.

Réflexion diffuse : Type de réflexion dans lequel la lumière est réfléchie uniformément dans toutes les directions. C'est le cas des surfaces mates.

Réflexion spéculaire : Type de réflexion dans lequel la lumière est renvoyée dans une direction précise. C'est le cas principalement des surfaces brillantes comme le miroir ou les surfaces métalliques.

Réfraction : Changement de direction d'une onde passant d'un milieu dans un autre.

Rehaussement d'images : Technique utilisée en traitement d'images pour modifier l'apparence d'une image dans le but de pouvoir en extraire plus aisément ou dans de meilleures conditions un certain type d'information.

Rendering : Procédé de transformation d'un objet à partir d'une description mathématique pour en faire une image réaliste. Il existe plusieurs techniques de rendu telles que le placage de texture, l'ombrage, le lancer de rayons, souvent utilisées en combinaison.

Rendu des couleurs : Aptitude de la lumière à restituer les couleurs. D'une manière plus précise, le rendu des couleurs est une expression générale qui désigne l'effet d'une source de lumière sur l'aspect coloré des objets qu'elle éclaire, cet aspect étant comparé à celui des mêmes objets éclairés par une source de référence.

Résolution d'image : Désigne le nombre de pixels par unité de longueur. La résolution d'image se mesure généralement en pixels par pouce (ppp). Une image de résolution élevée contient un plus grand nombre de pixels, ces derniers étant par conséquent plus petits, qu'une image de mêmes dimensions mais de résolution plus basse. Par exemple, une image de 1 pouce x 1 pouce qui possède une résolution de 72 ppp contient un total de 5184 pixels. La même image avec une résolution de 300 ppp contient un total de 90 000 pixels.

Résolution de sortie : Désigne le nombre de points par pouce (ppp) qu'une photocomposeuse ou une imprimante laser est capable de reproduire. La plupart des imprimantes laser ont des résolutions de sortie de 300 à 600 ppp et produisent de bons résultats avec des images de 72 à 150 ppp. Les photocomposeuses haut de gamme sont capables d'imprimer à 1200 ppp ou plus et donnent de bons résultats avec les images de 200 à 300 ppp.

Résolution écran : voir Définition de l'écran.

Résolution interpolée : Résolution calculée d'un scanner par voie logicielle. Elle est dépendante de la qualité du logiciel ainsi que du type d'image traitée.

Résolution optique : Résolution fixe d'un scanner qui caractérise la qualité de son bloc optique.

Restauration d'images : Technique utilisée en traitement d'images pour compenser les distorsions et les dégradations survenues lors de la prise de vues et retrouver ainsi autant que possible la qualité de l'image d'origine.

Rétine : Membrane sensible de l'œil, située à l'intérieur de la choroïde. C'est sur elle que se dessinent les images provenant de l'extérieur. Il s'agit de la partie la plus importante de l'œil pour la vision et en particulier pour la couleur.

RGB : Acronyme de *Red Green Blue*. Mode de composition des couleurs basé sur le principe des couleurs additives.

RIFF : Acronyme de *Raster Image File Format*. Format de fichier utilisé au niveau des photocomposeuses et caractérisé par une définition de 8 bits par pixel.

RIP : Acronyme de *Raster Image Processor*. Circuit électronique d'impression qui décode les données vectorielles arrivant à l'imprimante laser ou à la photocomposeuse pour les transformer en points permettant l'impression de la page.

Rosette : Motif apparaissant lorsque les quatre trames demi-tons sont placées correctement suivant les angles traditionnels.

RVB : voir RGB.

S

Sampling : voir Echantillonnage.

Saturation : Sensation visuelle permettant d'estimer la proportion de couleur pure dans une sensation globale. Une couleur est saturée lorsqu'elle atteint son intensité colorée maximale. Elle est dans ce cas vive.

Scanner : Outil de numérisation capable de lire un document point par point et de générer un fichier « bitmap » pouvant par la suite être récupéré par un logiciel de PAO, de CAO ou de traitement d'images.

Screening : voir Tramage.

Sélection des couleurs : Opération qui consiste à dissocier des tons d'un document polychrome en deux, trois ou quatre couleurs de base.

Séparation des couleurs : Impression d'une image sous la forme de quatre clichés ou films correspondant chacun à l'une des couleurs de base : cyan, magenta, jaune et noir.

Shading : voir Ombrage.

Shooting : Action de restituer sur film argentique une image numérique. Se fait à l'aide d'un imageur.

Simili ou Similigravure : Technique permettant la restitution des demi-teintes sur des systèmes d'impression qui, au départ, ne connaissent que le noir et le blanc. Le document est décomposé à partir d'un filtre (on dit qu'il est tramé) pour obtenir par un artifice visuel (succession de points noirs et blancs de différentes grosseurs) un effet de dégradés gris, alors que l'image n'est composée que de points noirs et blancs.

Simulation de couleurs : voir *Dithering*.

Slot mask : Technologie d'écran CRT combinant la grille mosaïque (comme dans le Shadow Mask) et les luminophores en bandes verticales (comme dans l'aperture grid). A la différence de l'aperture grid, les bandes de luminophores sont courtes, et divisées en pavés disposés en mosaïque. Les écrans « slot mask » sont plus brillants que les « shadow mask » d'ombre, et un peu moins lumineux que les « aperture grid », mais ne présentent pas les fils horizontaux parfois gênants de ces derniers.

Source primaire : Source qui émet elle-même sa lumière. C'est le cas du soleil, du feu, etc.

Source secondaire : Source qui se limite à renvoyer une partie de la lumière qu'elle reçoit. C'est le cas de la lune, du ciel, d'un objet éclairé, etc.

Spectre : Gamme de couleurs produites par un prisme ou par un réseau de diffraction.

Spectre d'émission : Courbe caractéristique d'une source lumineuse. Elle s'obtient en mesurant l'énergie des différentes radiations émises par la source, en fonction de leur longueur d'onde.

Spectre visible : Partie du spectre comprise entre 380 et 780 nanomètres et correspondant aux couleurs rouge, orange, jaune, vert, bleu et violet.

Spectrophotomètre : Instrument mesurant un échantillon de couleur à travers un spectre de longueurs d'ondes et qui retranscrit l'intensité de chaque longueur d'onde sur une courbe spectrophotométrique. Les spectrophotomètres varient selon les longueurs d'ondes qu'ils peuvent mesurer à partir de n'importe quel point du spectre de la lumière visible, jusqu'aux infrarouges et ultraviolets. En conjonction avec un logiciel, ils permettent de créer des profils de périphérique ICC pour les moniteurs et les périphériques de sortie.

Spectrum locus : Courbe enveloppe de l'espace chromatique qui correspond à des couleurs spectrales (monochromatiques).

Spot colour : Mode d'impression en couleur utilisé dans le cas d'un document constitué de noir plus une ou deux couleurs supplémentaires dites d'accompagnement. La couleur de l'encre définit directement la couleur de l'image imprimée. On n'utilise donc pas la superposition d'encres primaires dans ce cas.

Suivi de rayon : voir Lancer de rayons.

sRGB : Nouveau standard de Système de Gestion des Couleurs développé par Hewlett-Packard et Microsoft pour optimiser l'utilisation des images couleur à travers tout le processus de production. Il permet de disposer d'un format commun d'échange d'informations couleur entre différents périphériques, garantissant que les résultats obtenus sur l' imprimante sont identiques aux images obtenues sur l'écran.

SVG : acronyme de *Scalable Vector Graphics*. Format graphique mis au point par Adobe, et approuvé par le W3C. Il permet de créer des graphiques vectoriels visualisables sur le Web.

SVGA : Acronyme de *Super-VGA*. Norme graphique d'affichage à l'écran pour les ordinateurs de la gamme PS/2 d'IBM et des PC compatibles.

SXGA : Acronyme de *Super eXtended Graphics Array*. Norme d'affichage de 1280 x 1024 pixels.

Synthèse additive : Méthode de création des couleurs. A partir de quelques lumières de couleurs différentes, on produit par addition une lumière d'une autre couleur. En général on utilise trois faisceaux lumineux de couleur rouge, verte et bleue. La somme de ceux-ci donne du blanc. Ce principe est utilisé pour la reconstitution des images couleur en télévision ou sur un écran d'ordinateur.

Synthèse d'images : Réalisation informatique d'images, générées à partir de calculs destinés à la modélisation des objets à représenter.

Synthèse soustractive : Méthode de création des couleurs. Cette méthode part de la lumière blanche, qui contient toutes les couleurs et, par suppression de certaines couleurs, permet d'obtenir la couleur désirée. Les couleurs de base sont des pigments, ou colorants, qui absorbent les ondes rouges, vertes ou bleues, en les soustrayant au mélange composant la lumière blanche. Cette méthode est utilisée dans l'imprimerie offset et dans l'impression sur imprimante.

Système trichromatique : Système de spécification des couleurs basé sur l'effet trichrome de sensibilité de l'œil. Le système courant est le système CIE XYZ.

T

Teinte : Terme utilisé soit pour définir la tonalité chromatique, soit en synonyme du mot couleur.

Température de couleur : Température absolue à laquelle un corps noir doit être porté pour émettre un rayonnement de même chromaticité qu'une distribution spectrale donnée.

Texture : Représentation synthétique des matières constituant les surfaces des objets modélisés (grain des pierres, poli des métaux, rainure du bois, etc.).

TFT : Acronyme de *Thin Film Transistor*. Technologie utilisée pour les écrans LCD à matrice active dont l'affichage s'effectue grâce à une couche de transistors qui contrôlent chaque pixel.

TGA : Acronyme de *TarGA files*. Conçu par Truevision, ce format de fichier est implanté au niveau des applications exploitant les cartes graphiques de la série Targa et Vista.

TIFF : Acronyme de *Tag Image File Format*. Format de fichier graphique développé par Aldus et Microsoft. Il constitue le standard de facto au niveau de l'échange de fichiers bitmap.

TIFF-IT : Format de fichier standard reconnu dans le monde du prépresse pour sa fiabilité. Facilite l'échange de données entre les acteurs de la chaîne graphique, notamment pour le CTP (*Computer To Plate*) ou gravure directe des plaques.

TIGA : Acronyme de *Texas Instruments Graphics Architecture*. Interface logicielle normalisant les communications entre les logiciels d'application et les processeurs graphiques Texas Instruments (TMS 340) ou compatibles. Cette nouvelle norme permet un affichage de 1024 x 768 points en 256 couleurs.

Tonalité : Un des trois paramètres permettant de définir l'apparence d'une couleur. Elle concerne ce que l'on dénomme couramment « la couleur » et s'exprime par les qualificatifs : rouge, bleu, vert, etc., donnés à cette couleur.

Ton direct : voir Spot Color.

Tracé de rayon : voir Lancer de rayons.

Traitement d'images : Ensemble des techniques et des procédures permettant de manipuler ou d'extraire des informations d'images existantes dans le but d'engendrer de nouvelles images ou d'obtenir des évaluations sous forme de mesures numériques.

Tramage : Procédé qui consiste à transformer les surfaces à demi-teintes continues (comme les photographies) en un ensemble de surfaces à petits points de grandeurs différentes. En faisant varier la grandeur des points, on crée l'illusion de différentes teintes du noir au blanc en passant par les gris.

Transparence : Détermine la quantité de lumière incidente transmise à travers la surface d'un objet lors de l'éclairement de ce dernier. Elle caractérise également les divers algorithmes permettant d'obtenir des effets de transparence lors de la modélisation des objets.

Trapping : voir Recouvrement.

Trichromatique : Concerne les trois couleurs primaires combinées pour créer une couleur particulière.

Trinitron : Technologie d'écran mise au point par Sony et permettant de se passer de masque dans le tube cathodique. Le contraste et la luminosité sont bien meilleurs.

Typon : Image reproduite sur film et destinée à être reportée sur une plaque métallique pour l'impression en offset.

TWAIN : Acronyme de *Technology Without An Interesting Name*. Il s'agit d'une norme d'interface de programmation d'application (API) destinée aux périphériques, tels que les scanners. Chaque matériel livré avec un pilote Twain est automatiquement reconnu par la plupart des logiciels de traitement d'images.

U

UCR : Acronyme de *UnderColor Removal*. Procédé qui a pour effet de réduire la densité des trois couleurs primaires (cyan, magenta, jaune) dans les zones neutres de l'image où ces trois couleurs se chevauchent, pour les remplacer par du noir.

UCS : Acronyme de *Uniform Colour Scale*. Diagramme de chromaticité uniforme défini par la CIE en 1960.

UXGA : Acronyme de *Ultra eXtended Graphics Array*. Norme d'affichage de 1600 x 1200 pixels.

V

VDI : Acronyme de *Virtual Device Interface*. Standard graphique qui a comme objectif de normaliser l'interface entre les utilitaires graphiques d'un programme d'application et les pilotes (drivers) des périphériques (écran, traceur).

Vecteur : Elément de base du dessin sur un écran graphique ou sur une table traçante.

Vectorisation : Opération qui consiste à convertir une image « point par point » ou « raster » en une image constituée de vecteurs.

VESA : Acronyme de *Video Electronics Standards Association*. Groupement des sociétés spécialisées dans la conception de cartes graphiques.

VGA : Acronyme de *Video Graphics Array*. Mode d'affichage proposé par IBM pour sa gamme d'ordinateurs PS/2. Il permet une définition de 320 x 200 points à 800 x 600 points suivant le nombre de couleurs et le type d'écran utilisé.

Vision par ordinateur : Ensemble des techniques permettant l'acquisition et le traitement d'images en vue d'une prise de décision automatique. Son application principale se situe en robotique.

Vision photopique : Vision de l'œil pour des éclairements suffisants. Elle correspond à une vision diurne.

Vision scotopique : Vision de l'œil pour des éclairements faibles. Elle correspond à une vision nocturne.

Visualisation : Opération qui consiste à obtenir la représentation d'un objet sur un écran graphique sur la base d'un modèle conçu dans l'ordinateur.

W

WMF : Acronyme de *Windows Metafile Format*. Format graphique créé pour échanger les informations entre les applications tournant sous Windows.

WYSIWYG : Acronyme de *What You See Is What You Get* (Ce que vous voyez est ce que vous obtenez). En PAO, cette expression caractérise un programme ou une interface pour lesquels ce qui apparaît à l'écran est le reflet exact de ce qui sera imprimé.

X

XGA : Acronyme de *eXtended Graphic Array*. Nouveau mode d'affichage proposé par IBM pour sa gamme d'ordinateurs PS/2. Il permet une définition de 640 x 480 points à 1024 x 768 points en 256 couleurs suivant le type d'écran utilisé. Les contrôleurs à la norme XGA peuvent être installés sur tout ordinateur comportant un bus MCA.

Y

YIQ : Modèle de représentation des couleurs, établi par le National *Television Standards Committee* (NTSC) pour rendre plus efficace la transmission des signaux de télévision et la compatibilité avec les écrans noir et blanc.

INDEX
TABLE DES MATIÈRES

Index

A

Absorption 27
Accords colorés 49
Achromatopsie 36
Acrobat 319
Adobe gamma 171
AGP 135
APT 100

B

Bâtonnets 30, 33
Bichromie 200
Binuscan 179
Bitmap 70, 199

C

Calibration 158, 166, 168, 183
CAO 323
Capteur 114
Caractérisation 158, 166, 174, 183
CCD 99
CCD linéaires 99
CCD matriciels 99
Cercle chromatique 47
Chevreul 54
CIE Lab (modèle) 84
CIE Luv (modèle) 83
CIE xyY (modèle) 82
CIE-1964 61
CIELab 199
CIELab 62
CIELuv 62
CIE-RGB 57
CIE-XYZ 59
CIS 100
Clarté 52
CMOS 113
CMY (modèle) 77
CMYK 198
CMYK (modèle) 78
Codes hexadécimaux 272
Colorimètre 159
Colorimétrie 50, 51
Colorsync 160
Compact Flash 116
Composition colorée 341
Cônes 30, 33
Contraste de couleurs 50, 281
Contraste simultané 49
Contraste successif 48
Conversion 158, 176
Cornée 31
Corps vitré 32
Couche alpha 204
Couleur (phénomène physiologique) 14, 30
Couleur (phénomène physique) 14, 15
Couleur (phénomène psychologique) 14, 37
Couleurs (balance des) 246
Couleurs (palette des) 276
Couleurs (perception des) 43
Couleurs (rendu des) 44
Couleurs complémentaires 47, 48
Couleurs indexées 200
Couleurs primaires 47
Couleurs secondaires 47
Couleurs tertiaires 47
Cristallin 31
CSS 287
CTP 150

D

Daltonisme 14
DCS 76
Définition 105
Définition de l'écran 124
Dichromasie 36
Diffraction 27
Diffusion 27
DIN 63
Dispersion 28
Dmax 104
Dmin 104
Dynamic range 103

E

Ecrans plats 129
Enhanced Dot Pitch 128
Epreuve couleur 220
Epreuve numérique 192
EPS 259
Espace CMJN 215
Espace niveaux de gris 216
Espace RVB 214
Espace sRGB 285

F

Facteur de luminance 52
Feuilles de style 277, 287
Flashage 147

G

Gestion de la couleur 157, 284
GIF 263, 295, 306
Globe oculaire 30

H

Harmonie des couleurs 48, 279
Harmonie objective 48
Harmonie subjective 48
Histogramme 237
HSL (modèle) 80
HTML 271
Humeur aqueuse 31

I

ICC 160
Imagerie médicale 343
Imagerie spatiale 338
Imageur 143
Indice de réfraction 27
Infographie 67
Infrarouge 15
Iris 31

J

Jet d'encre 138
Jet d'encre à la demande 139
Jet d'encre analogique 139
Jet d'encre continu 139
Jet d'encre piézo 139
Jet d'encre solide 139
JPEG 263, 297, 305

L

Lancer de rayons 334
Laser 142
Linéature de trame 91
Longueur d'onde 19
Longueur d'onde dominante 51
Lumière (sources de) 20
Lumière visible 17
Luminosité 55

M

Matrice active 130
Matrice passive 130
Memory Stick 116
Micro-ondes 18
Modèles d'éclairement 332
Multimedia Card 116
Munsell 54

N

Nerf optique 30
Newton 18
Niveaux de gris 200
Numérisation 98

O

Offset 105
Offset 148
Ondes électromagnétiques 15, 16
Ondes hertziennes 18
Ondes radio 18
Optique géométrique 25
Ostwald 56

P

Pantone 81
Pantone Matching 64
PCI 135
PDF 261, 311, 312, 314
Photo CD 119
Photocomposeuse 144
Photoshop 197
PICT 264
Picture CD 120
Pitch 123
Pixel 68
PMT 100
PNG 264, 298
PNG-24 310
PNG-8 306
Point blanc 232, 238
Point noir 232, 238
Points de trame 92
Profils colorimétriques 205, 223
PSD 259
Pseudo-couleurs 336, 341
Psychométrie 50, 52
Pureté d'excitation 51

Q

Quadrichromie 93, 137, 149

R

Radiosité 335
RAMDAC 134
Rayons cosmiques 17
Rayons infrarouges 17
Rayons ultraviolets 17
Rayons X 17
Réflexion 26
Réfraction 26
Résolution de l'écran 124
Résolution 103, 104
Rétine 32, 33
RGB 197
RGB (modèle) 76
Rhéologie 326
RIP 146

S

Saturation 52, 55
Scanner 101
Scitex CT 264
Sensation colorée 13
Shadow mask 127
Slot mask 128
Smart Media 116
Spectrophotomètre 159
Sublimation thermique (technologie à) 141
SVG 286
Synthèse additive 45
Synthèse d'images 329
Synthèse soustractive 45, 46

T

Teinte 55
Température de couleur 21
TFT 131
TIFF 265
Tonalité 52
Tons continus 89
Tramage avec diffusion de l'erreur 85, 88
Tramage demi-tons 85, 86
Tramage irrationnel 94, 96
Tramage numérique 91
Tramage ordonné 85, 87
Tramage rationnel 94, 95
Tramage traditionnel 90
Trames (orientation des) 92
Transfert thermique (technologie à) 141
Transmission 27
Tube cathodique 120

U

Ultraviolet 15

V

Vectoriel 70

W

Web 269

Y

YIQ (modèle) 79

Table des matières

Préambule 7

Chapitre 1 : Comprendre la couleur 11

1. Introduction 13

2. La couleur comme phénomène physique 15

2.1. Les ondes électromagnétiques 15

2.2. Composition spectrale de la lumière visible 18

2.3. Les sources de lumière 20

2.4. Spectre d'émission des sources lumineuses 21

2.5. Température de couleur 21

2.6. Interaction de la lumière et de la matière 23

2.7. Couleur et optique géométrique 25

2.8. Quelques phénomènes de couleur 28

2.9. Couleur des objets 29

3. La couleur comme phénomène physiologique 30

3.1. L'œil comme récepteur visuel 31

3.2. Structure de la rétine 33

3.3. Transfert de l'information de l'œil au cerveau 35

3.4. Perception visuelle 35

3.5. Anomalie de la perception 36

4. La couleur comme phénomène psychologique 37

Chapitre 2 : Perception et mesure des couleurs 41

1. La perception des couleurs 43

1.1. Influence du cadre environnant 43

1.2. Le rendu des couleurs 44
1.3. Synthèse additive et soustractive des couleurs 45
1.4. Couleurs primaires, secondaires et complémentaires 47
1.5. L'harmonie des couleurs 48
2. Mesure de la couleur 50
2.1. La colorimétrie 51
2.2. La psychométrie 52
3.1. Le système Chevreul 54
3.2. Le système Munsell 54
3.3. Le système Ostwald 56
3.4. Le système CIE-RGB 57
3.5. Le système CIE-XYZ 59
3.6. Le système DIN 63
3.7. Le système Pantone Matching 64

Chapitre 3 : Couleur et graphisme sur ordinateur 65
1. Introduction à l'infographie 67
2. Les secrets de l'image numérique 68
2.1. Des nombres aux images : le codage de l'image 68
2.2. Les modes de représentation de l'image : vectoriel et bitmap . 70
2.3. Qualité de l'image 73
2.4. Utilisation de la couleur en infographie 74
3. Modélisation de la couleur en informatique 76
3.1. Le modèle RGB (Red, Green, Blue) 76
3.2. Le modèle CMY (Cyan, Magenta, Yellow) 77
3.3. Le modèle CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) 78
3.4. Le modèle YIQ 79

3.5. Le modèle HSL (Hue, Saturation, Luminance) 80
3.6. Le nuancier Pantone 81
3.7. Le modèle CIE xyY 82
3.8. Le modèle CIE Luv 83
3.9. Le modèle CIE Lab 84
4. Simulation de la couleur 85
4.1. Le tramage « demi-tons » (Halftone) 86
4.2. Le tramage « Ordonné » (Ordered Dithering) 87
4.3. Le tramage avec « Diffusion de l'erreur » (Error Diffusion Dithering) 88
5. Du tramage traditionnel au tramage numérique 89
5.1. Introduction 89
5.2. Caractéristiques des trames 91
La linéature de trame 91
L'orientation des trames 92
La forme des « points de trame » 93
5.3. La sélection des couleurs en quadrichromie 93
5.4. Le tramage rationnel et irrationnel 94
Le tramage rationnel 95
Le tramage irrationnel 96
6. Production de la couleur en informatique 97
6.1. L'acquisition de la couleur 98
Le principe de la numérisation 98
Les outils d'acquisition 101
Les caractéristiques d'un scanner 103
Choisir la bonne résolution de numérisation 104
L'affichage à l'écran 104

L'impression sur imprimante de bureau et presse Offset 105
La numérisation des diapositives 109
L'appareil photo numérique 110
Le marché des appareils photo numériques 118
Le transfert de négatifs sur CD 119
6.2. L'affichage de la couleur sur l'écran graphique 120
Tube à rayons cathodiques : le principe 120
Maintien de l'image à l'écran 122
La finesse des points sur l'écran 123
La dimension de l'écran 124
La résolution de l'écran 124
La définition de l'écran 124
La stabilité de l'écran 125
La fréquence de balayage horizontal 126
La convergence 127
La précision des canons à électrons 127
La technologie du tube 127
Les écrans plats 129
Les caractéristiques principales du TFT 131
Les cartes graphiques : historique et types de cartes 133
Composants de la carte 134
Mémoire vidéo et résolution des cartes 136
6.3. La couleur sur papier 137
Les outils d'impression 138

Chapitre 4 : La gestion de la couleur **153**

1. La gestion des couleurs : une nouvelle façon de faire 155
2. Principe et fonctionnement de la gestion de la couleur 157
3. Les outils de la gestion des couleurs 158
   - 3.1. Les outils de mesure 159
   - 3.2. Les modules de conversion 160
   - 3.3. Les logiciels de gestion de la couleur 163
4. Calibration et caractérisation des différents périphériques 165
   - 4.1. Calibration du scanner 165
   - 4.2. Caractérisation du scanner ou de l'appareil photo numérique 166
   - 4.3. Calibration de l'écran 168
     - L'utilitaire d'étalonnage de Mac OS X 169
     - L'utilitaire Adobe Gamma 171
     - La calibration mesurée 174
   - 4.4. Caractérisation de l'écran 174
   - 4.5. Calibration de l'imprimante ou de la presse 174
   - 4.6. Caractérisation de l'imprimante ou de la presse 175
5. La conversion des couleurs 176
6. Le système Binuscan 179
   - 6.1. Calibration et caractérisation du moniteur 180
   - 6.2. Caractérisation du scanner 181
   - 6.3. Calibration et caractérisation de l'imprimante 183
     - Les précautions préliminaires 183
     - La détermination du type d'imprimante RVB ou CMJN 185
     - La création d'un profil ICC pour imprimante RVB ou CMJN ou Presse Offset 185

Application directe 191
Application dans le pilote d'impression 192
7. L'épreuve numérique 192

Chapitre 5 : La gestion et le traitement de la couleur avec Photoshop 195
1. L'utilisation de la couleur avec Photoshop 197
1.1. Modes de couleur et modèles colorimétriques 197
1.2. La conversion entre modes de couleur 201
1.3. La gamme des couleurs dans Photoshop 201
1.4. Les couches de couleur dans Photoshop 204
2.1. L'installation de profils colorimétriques 205
2.2. L'ajout de profils de périphériques au système de gestion des couleurs 206
2.3. La mise à jour des profils 206
2.4. Configuration de la gestion des couleurs 207
L'espace de travail 210
La création ou l'ouverture de fichiers dans l'espace de travail prédéfini 211
Les règles de gestion des couleurs 211
2.6. Gestion de la couleur avec personnalisation des paramètres 214
Pour l'espace de travail RVB 214
Pour l'espace de travail CMJN 215
Pour l'espace de travail Niveaux de gris et Tons directs 216
Les options de conversion 217
Les options avancées 218

2.7. Enregistrement et chargement des paramètres de gestion des couleurs 219
2.8. La création d'une épreuve couleur à l'écran 220
2.9. La modification du profil colorimétrique d'un document 223
2.10. L'incorporation de profils dans des documents enregistrés .. 225
2.11. Exemple : Processus de calibration pour l'écran et une imprimante à jet d'encre 226
3. Le réglage des couleurs et des tonalités 231
3.1. Les réglages lors de la numérisation 231
La prise du point blanc et du point noir au scanner 232
La modification tonale ou gradation 233
Les corrections de couleurs 234
3.2. Les réglages dans Photoshop 235
L'histogramme 235
La définition des points blancs et noirs 238
Le réglage de la balance des couleurs 246
Le renforcement des contours de l'image 255
4. La sauvegarde et les formats de fichier 257
Chapitre 6 : La gestion de la couleur pour le Web 267
1. Le Web, un univers instable 269
2. L'utilisation de la couleur sur le Web 271
2.1. Les codes HTML pour la couleur 271
2.2. Les codes hexadécimaux 272
2.3. Les palettes de couleurs 276
2.4. Les feuilles de style 277
2.5. L'harmonie des couleurs 279

3. La gestion de la couleur pour le Web 284
3.1. L'espace sRGB 285
3.2. Le format graphique SVG 286
3.3. Les feuilles de style CSS 287
3.4. Le concept « The Right Color » de Pantone 289
3.5. Le système « Verifi » de Imation 290
4. L'optimisation des images pour le Web avec Photoshop 294
4.1. Les formats de fichier 295
Le format GIF 295
Le format JPEG 297
Le format PNG 298
4.2. L'optimisation pour le Web 299
La zone d'affichage des images 300
La zone Configuration de la taille de sortie 303
La zone Choix et Configuration des formats de sortie 304
5. La diffusion des images via Internet : le format PDF 311
5.2. Le fonctionnement de PostScript et PDF 312
5.3. Le flux de production PDF 314
5.4. Le PDF sécurisé 315
Pourquoi contrôler un document PDF ? 316
Quel « profil de contrôle » utiliser pour un usage prépresse ? .. 316
5.5. Acrobat 5.0 et 6.0 : PDF et la gestion de la couleur 319

Chapitre 7 : La couleur multifonction 321

1. La couleur en Conception Assistée par Ordinateur (CAO) 323
1.1. Utilisation de la couleur en analyse de structures 324

1.2. Utilisation de la couleur en rhéologie 326
1.3. Utilisation de la couleur dans la simulation de projets d'éclairage 327
2. La couleur en synthèse d'images 329
2.1. La couleur et l'éclairement 330
Les modèles d'éclairement (ou d'illumination) 332
Les pseudo-couleurs 336
En conclusion 336
3. La couleur en traitement d'images 337
3.1. Introduction au traitement d'images 337
3.2. Utilisation de la couleur en imagerie spatiale 338
La télédétection satellitaire 339
Nature de l'image 339
Amélioration de l'image (rehaussement) 340
Pseudo-couleur et composition colorée 341
3.3. Utilisation de la couleur en imagerie médicale 343
Les techniques utilisées 344
La couleur comme source d'information et de simulation 346

Glossaire des mots-clés 349

Index 383

Contenu du CD-ROM 396

Contenu du CD-ROM

1. Outil de traitement d'images et de la couleur

Adobe Photoshop

Adobe® Photoshop® 7.0 est le logiciel de référence professionnelle en matière de retouche d'images. Il vous permet de travailler de manière plus efficace, d'explorer de nouvelles possibilités créatives et de produire des images de la plus haute qualité pour l'impression, le Web ou tout autre média.

Version d'évaluation de 30 jours à compter de la date d'installation.

Configuration :

PC

- Processeur Intel® Pentium® class III ou 4
- Microsoft® Windows® 98, Windows 98 Second Edition, Windows Millennium Edition, Windows NT avec Service Pack 6a,
- Windows 2000 avec Service Pack 2 ou Windows XP
- 128 Mo de RAM (256 Mo recommandés)
- 280 Mo d'espace disque dur disponible
- Moniteur couleur (Min. 800 x 600) avec carte vidéo couleur minimum 16 bits

Mac

- Processeur PowerPC® (G3, G4 ou biprocesseur G4)
- Mac OS version 9.1 et 9.2 ou Mac OS X version 10.1.3
- 128 Mo de RAM (256 Mo recommandés)
- Moniteur couleur (Min. 800 x 600) avec carte vidéo couleur minimum 16 bits

Installation : double-cliquez sur le fichier « p57_tryout_fra » puis suivez les instructions de l'assistant d'installation.

2. Outil de gestion de la couleur

REMARQUE :
Les versions disponibles sur le CD-ROM sont à jour en date du 1-5-2003.

Binuscan PhotoRetouch Pro

PhotoRetouch Pro est un logiciel de retouche photo professionnelle permettant également la création et l'application de profils ICC. Il comporte aussi les modules de traitement RECO et de tables de séparation conventionnelles.

Version d'évaluation (fonctions désactivées : enregistrement et impression ; création des profils ICC ; enregistrement des settings).

Configuration :

- Processeur PowerPC® (G3, G4 ou biprocesseur G4)
- Mac OS version 9 ou Mac OS X

- 256 Mo de RAM
- Moniteur couleur (Min. 800 x 600) avec carte vidéo couleur 24 bits

Installation : double-cliquez sur le fichier « PhotoRetouchPro2_demo » puis suivez les instructions de l'assistant d'installation.

3. Outils PDF (plug-ins d'Acrobat)

Enfocus Instant PDF

Instant PDF est un plug-in pour Acrobat facilitant l'obtention de documents de qualité depuis toute application disposant d'une fonction d'impression et permettant de certifier cette qualité. Cette certification permettra d'assurer, par la suite, un suivi efficace du document dans une gestion de flux PDF et de détecter tous les changements qui auront pu lui être apportés.

Version d'évaluation de 30 jours à compter de la date d'installation.

Configuration :

Windows

- Enfocus Instant PDF pour Windows fonctionne sous Microsoft Windows 98 ou version ultérieure, Microsoft Windows NT 4.0 (avec Service Pack 5 ou ultérieur) ou Windows 2000/XP.

Mac

- Enfocus Instant PDF pour Macintosh nécessite Mac OS version 8.6 ou ultérieure.

Adobe Acrobat

- La version intégrale d'Adobe Acrobat 4.05 ou 5.0 doit être installée sur votre système pour qu'il puisse fonctionner. Il ne fonctionnera pas avec la version gratuite d'Adobe Acrobat Reader.

Installation : le programme d'installation d'Instant PDF s'intitule « Instant PDF Setup ». Pour installer le logiciel sur votre ordinateur, double-cliquez sur le programme d'installation et suivez les instructions qui apparaissent à l'écran.

Enfocus PitStop Professionnel

Le plug-in Enfocus PitStop est la référence pour le contrôle, l'édition graphique et la correction des fichiers enregistrés au format PDF. Cette nouvelle version intègre maintenant un éditeur de scripts qui permet de paramétrer des actions pour effectuer des modifications globales.

Version d'évaluation de 30 jours à compter de la date d'installation.

Configuration :

Windows

- Enfocus PitStop Professional pour Windows fonctionne sous Microsoft Windows 98 ou version ultérieure, Microsoft Windows NT 4.0 (avec Service Pack 5 ou ultérieur) ou Microsoft Windows 2000/XP.

Mac

- Enfocus PitStop Professional pour Macintosh nécessite Mac OS version 8.6 ou ultérieure.

Adobe Acrobat

- Enfocus PitStop Professional est un module externe pour Adobe Acrobat 4.05 ou 5.0. La version intégrale d'Adobe Acrobat doit être installée sur votre système pour qu'il puisse fonctionner. Il ne fonctionnera pas avec la version gratuite d'Adobe Acrobat Reader ni avec les versions 3 ou antérieures d'Adobe Acrobat.

Installation : le programme d'installation de PitStop s'intitule « PitStop Professional Setup ». Pour installer le logiciel sur votre ordinateur, double-cliquez sur le programme d'installation et suivez les instructions qui apparaissent à l'écran.

Quite Revealing

Quite Revealing s'adresse à tous ceux qui souhaitent localiser, visualiser et corriger les éléments critiques d'un fichier PDF (couleurs, profils ICC, polices, transparences...).

Version d'évaluation de 30 jours à compter de la date d'installation. Le logiciel est en anglais.

Configuration :

PC

- Windows 95, 98, ME, NT4, 2000, XP
- Acrobat version 4.0 ou 5.0

Mac

- Mac OS version 7.5 et ultérieure dont Mac OS X
- Acrobat version 4.0 ou 5.0 (5.05 pour Mac OS X)

Installation : le programme d'installation de Quite Revealing s'intitule « Greven ». Pour installer le logiciel sur votre ordinateur, double-cliquez sur le programme d'installation et suivez les instructions qui apparaissent à l'écran.

Lantana Crackerjack

Lantana Crackerjack offre des fonctions de séparation couleur et de paramétrage prépresse avancé qui permettent d'imprimer de manière professionnelle tout fichier PDF sur les périphériques d'impression pilotés par un RIP PostScript niveau 2 ou PostScript 3.

Cette version est pleinement opérationnelle. Dans l'attente de la saisie d'une clef de licence, seule une mention « démo » est ajoutée sur chaque sortie PostScript.

Configuration :

PC

- Windows 98, XP, NT4, 2000
- Acrobat version 4.05 à 5.0x

Mac

- Mac OS 8.6 à X
- Acrobat version 4.05 à 5.0x

Installation : le programme d'installation de Lantana Crackerjack s'intitule « Setup » (PC) ou « Install » (Mac). Pour installer le logiciel sur votre ordinateur, double-cliquez sur le programme d'installation et suivez les instructions qui apparaissent à l'écran.

PDF ImageWorks

PDF ImageWorks permet d'intervenir sur l'espace colorimétrique, le rééchantillonnage, la résolution, la taille, la position et l'orientation des images bitmap présentes dans un fichier PDF, afin de corriger ou d'adapter les documents à l'environnement d'impression ou de consultation.

Version de démonstration.

Configuration :

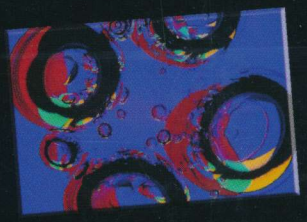
Mac

- Mac OS 8.6 à X
- Acrobat version 4.05 à 5.0x
- 6 Mo de RAM (16 Mo conseillé)

PC

- Windows 95, 98, ME, NT4, 2000
- Acrobat version 4.05 à 5.0x
- 8 Mo de RAM (16 Mo conseillé)

Installation : le programme d'installation de PDF ImageWorks s'intitule « Setup » (PC) ou « Install » (Mac). Pour installer le logiciel sur votre ordinateur, double-cliquez sur le programme d'installation et suivez les instructions qui apparaissent à l'écran.



Le sujet

Qu'est-ce que la couleur ? Comment la gérer et la maîtriser ? Comment la reproduire le plus fidèlement possible ? Avec l'avènement de l'informatique, ces questions sont plus que jamais d'actualité, et concernent des domaines aussi variés que la publication, l'image de synthèse, la télédétection, l'imagerie médicale ou encore l'ingénierie. La gestion de la couleur s'avère en particulier cruciale tout au long de la chaîne graphique (acquisition, traitement, reproduction).

Le livre

Résolument concret et pratique, cet ouvrage vous donnera tous les conseils et les informations nécessaires pour contrôler avec précision les couleurs de vos images, que vous soyez photographe, artiste, graphiste, webmaster, imprimeur ou scientifique. Il est divisé en trois parties :

- La première partie expose brièvement les fondements de la couleur, ainsi que les différentes méthodes de mesure et de classification des couleurs.
- La deuxième partie traite de la gestion de la couleur pour toute la chaîne graphique, et détaille les étapes de calibration et de caractérisation des périphériques.
- La dernière partie explique comment utiliser Photoshop pour gérer avec fiabilité les couleurs, et s'attarde sur les problématiques liées au Web.

Sur le CD-ROM offert avec ce livre :

- une version d'évaluation en français de Photoshop 7, limitée à 30 jours (Mac et PC) ;
- un outil de gestion de la couleur : Binuscan PhotoRetouch Pro (version d'évaluation pour Mac avec certaines fonctions désactivées) ;
- des outils de gestion de PDF (versions d'évaluation pour Mac et PC) : Enfocus Instant PDF, Enfocus PitStop Professionnel, Quite Revealing (en anglais), Lantana Crackerjack, PDF ImageWorks.

Au sommaire

- Comprendre la couleur
- Perception et mesure des couleurs
- Couleur et graphisme sur ordinateur
- La gestion de la couleur
- La gestion et le traitement de la couleur avec Photoshop
- La gestion de la couleur pour le Web
- La couleur multifonction
- Glossaire des mots-clés de la couleur

Maquette : M2M • Illustration : Corel

PC Mac

OEM EYROLLES

WWW.EDITIONS-EYROLLES.COM

32€

Code éditeur : G25489
ISBN : 2-7464-0489-3