

ملخص: ملخص ويشير هذا الـ تي أس آل (أو القيمة) هي وصف ثلاثة من إعدادات الألوان في نهج النفسي لهذا التصور ويشير هذا المصطلح إلى وصف نماذج الألوان المستخدمة في الرسومات الكمبيوتر والرسومات الكمبيوتر التي تتكيف مع هذه المعايير. المعلومات الإدراك الحسي لوصف الألوان هي مثلي إلى مقادير من قياس الألوان التي لا يمكن لا تزال تجعل بعضها البعض الدراسات اللونية هو القول، مع الأخذ في الأساس المادي لقياس، وتبحث وراء قياس الألوان الأساسية، بواسطة عملية حسابية أو صفاء، والتشبع وشفاء وجيزة تعطي اللجنة الدولية للإضاءة اللون (أو لهجة لون) من تعريفات. لتحقيق هذه التدابير من التصور الـ تي أس آل التلوين المستخدم في هذا الفضاء أن تنطبق على نماذج الألوان الإدراكية. هذه المدكرة تعرض كيف تلوين الصور

كلمات المفاتيح: الـ تي أس آل ! الألوان, الصور

Résumé : Teinte, saturation, luminosité (ou valeur) sont les trois paramètres de description d'une couleur dans une approche psychologique de cette perception. Cette expression désigne des modèles de description des couleurs utilisés en graphisme informatique et en infographie, qui adaptent ces paramètres. Les paramètres perceptifs de la description des couleurs sont homologues à des grandeurs de la colorimétrie, sans qu'on puisse toujours passer des uns aux autres par un calcul. Les études colorimétriques, c'est-à-dire, qui prennent pour base une mesure physique, cherchent, au-delà de la colorimétrie de base, à rapprocher ces mesures de la perception. La Commission internationale de l'éclairage donne de la *teinte* (ou *tonalité* (*chromatique*), de la *chromise* ou *niveau de coloration*, de la *saturation* et de la *chroma* des définitions brèves qui s'appliquent aux modèles colorimétriques Perceptuels. Le travail présenté dans ce mémoire propose comme faire colorisatoin d'images en utilison cette espace TSL.

Mots clés : Teinte, saturation, luminosité, colorimétriques ;images

Abstract : Hue, saturation, brightness (or value) are the three description of a color settings in a psychological approach to this perception. This term refers to color description models used in computer graphics and computer graphics which adapt these parameters .The perceptual parameters of the description of the colors are homologous to magnitudes of colorimetry that none can still make each other by a calculation. The colorimetric studies is to say, taking a physical basis for measurement, looking beyond the basic colorimetry, to bring these measures of perception. The International Commission on Illumination gives color (or tone (color) of the chromized or chroma, saturation and chroma brief definitions that apply to the Perceptual color models. The work presented in this memory features like making images colorisatoin utilison in this TSL space.

Keywords : Hue, saturation, brightness, colorimetric, images

Introduction générale

La couleur, comme la musique, est omniprésente dans nos sociétés. Elle constitue un accompagnement indispensable à tous les produits de la société de consommation. A ce titre, elle fait l'objet d'études poussées de la part des professionnels de la communication, du marketing, de la mode. Cependant, malgré (ou à cause de) cette omniprésence, nous ne percevons que rarement la couleur de façon consciente, sauf par défaut : si la couleur est absente (noir et blanc) ou si elle est vraiment très laide. Il suffit pourtant d'imaginer la difficulté que nous éprouverions à retrouver un produit familier dans un rayon de supermarché (votre marque de yaourts préférée par exemple) si la couleur était absente ou modifiée, pour nous persuader de son importance. C'est pour cela que le fabricant de yaourt a pris la peine de contrôler la couleur de l'emballage (et du yaourt) avant de le livrer à la commercialisation. Dans ce domaine, la couleur porte toujours un *message* pour notre inconscient ou semi conscient. Dans un autre ordre d'idées plus appliquées, l'observation de la couleur permet, de façon souvent très simple et économique, le contrôle de l'élaboration et de la qualité d'un produit peut s'appliquer dans des domaines très variés, allant du contrôle de la cuisson des baguettes de pain à la réalisation d'un ciment. L'étude de la couleur est très différente de celle de la lumière. Cet état de fait est résumé par Kandinsky lorsqu'il déclare: La couleur est la touche. L'œil est le marteau. L'âme est le piano aux cordes nombreuses. Il est donc clair que l'harmonie des couleurs doit reposer uniquement sur le principe de l'entrée en contact efficace avec l'âme humaine. En effet, si l'impression de couleur est bien provoqué par la lumière, phénomène physique mesurable, ce signal est traité et transformé par notre œil et notre cerveau pour aboutir à la sensation finale de couleur. L'ensemble des transformations subies par le signal initial est si complexe que les mesures de l'énergie lumineuse rentrant dans l'œil ne rendent que très imparfaitement compte de la perception colorée. Il est donc important de saisir que toute mesure de la couleur ne permet que d'approximer la vision humaine. Il est ainsi parfois inutile de complexifier un algorithme, si l'accroissement de ses performances n'est pas perceptible visuellement. Les études menées en neuro -sciences et en colorimétrie permettent d'appréhender plusieurs points importants. Le signal lumineux qui excite l'œil peut être

considère comme un mélange d'ondes électromagnétiques sinusoïdales se propageant toutes à la vitesse de la lumière ($c \approx 3 * 10^8 \text{m/s}$). [19]

L'objet de ce travail de projet de fin d'études est de développer une méthode de colorisation d'image et vidéo dans l'espace TSL. Le mémoire est organisé en trois chapitres. Le premier chapitre présente des généralités sur le traitement d'images. Le deuxième chapitre présente Les notions de bas de la colorimétrie aussi les propriétés de la trichromie et sur les différents espaces qui permettant de placer les couleurs. Le troisième chapitre sera consacré à la partie application et résultats.

Table des matières

Introduction générale	9
Chapitre I. Généralités sur le traitement d'images.....	11
1.1 Introduction	11
1.2 Définition d'une image	11
1.3 Image numérique.....	12
1.3.1 Définition de l'image numérique	12
1.3.2 Les formats d'images.....	12
1.3.3 Les Types d'images	14
1.4 Caractéristique d'images.....	15
1.4.1 Courbe tonale	15
1.4.2 Résolution.....	16
1.4.3 Connexité dans les images	17
1.4.4 Le bruit dans une image.....	18
1.5 Avantages et inconvénients de l'image numérique	19
1.6 Prétraitement d'image	20
1.6.1 Amélioration du contraste	20
1.6.1.1 Histogrammes	20
1.6.1.2 Histogrammes des images en niveaux de gris	20
1.6.1.3 Histogramme des images couleurs	22
1.6.1.4 Courbes de modification des histogrammes	22
1.6.1.5 Contours et textures	23
1.6.1.6 Luminance	23
1.6.1.7 Recadrage de la dynamique :	26
1.6.2 Réduction du bruit dans d'image	29
1.6.2.1 Définition du Filtrage	29
1.6.2.2. Filtrage linéaire	30
1.6.2.3 Filtres non linéaires.....	32
I.7. Segmentation.....	37
1.8.1 Seuillage global	40
1.8.2 Seuillage local	41
1.9 Introduction à la vidéo numérique	41
1.9.1 Définition de la vidéo	38

1.9.2 Vidéo numérique et analogique.....	42
1.9.3 La vidéo numérique.....	43
1.10 Conclusion	43
Chapitre II. Coloration des images et vidéos dans l'espace TSL	44
2.1 Introduction	44
2.2 La colorimétrie	44
2.2.1 Le stimulus physique	45
2.2.1.1 La lumière.....	45
2.2.1.2 L'œil et la vision.....	47
2.2.3 Les propriétés de la vision	47
2.2.4 Les cônes et les bâtonnets	48
2.2.5 La courbe de visibilité relative	49
2.2.6 La couleur d'un objet.....	50
2.2.6.1 Attributs de la couleur	51
2.2.6.2 Les filtres	52
2.2.6.3 La trichromie	53
2.2.6.4 Les primaires de la CIE	53
2.2.6.5 La synthèse des couleurs	54
2.2.6.6 Les composantes trichromatiques	55
2.2.7. Espaces de couleur	56
2.2.7.1 L'espace RVB	56
2.2.7.2 L'espace XYZ	58
2.2.7.3 L'espace TSL (/HSV*-HLS*).....	59
2.2.8 Les systèmes de couleur	60
2.2.8.1 Le modèle TSL (Teinte, Saturation, Luminance)	61
2.2.8.2 Le modèle TSI (Teinte, saturation Intensité)	62
2.3 Conclusion.....	65
Chapitre III. Tests et résultats.....	66
3.1 Introduction.....	66
3.2 Environnement de développement	66
3.3 Environnement matériel	66
3.4 Environnement logiciel.....	66
3.5 Changement de format de l'image sous Matlab :	67
3.6 Coloration dans l'espace TSL.....	68

3.7	Conclusion.....	74
	Conclusion générale.....	77
	Bibliographies.....	78

Les figures

1 Figure	exemple de réseau des pixels	12
2 Figure	Image vectorielle et image bitmap.....	13
3 Figure	image binaire	15
4 Figure	courbe tonale	15
5 Figure	La résolution d'une image	16
6 Figure	Différentes quantifications d'une image	17
7 Figure	Voisinage d'un pixel	18
8 Figure	Exemple d'image bruitée	19
9 Figure	exemple d'histogrammes pour une même image plus ou moins bien exposée.....	21
10 Figure	exemple d'histogramme d'image.....	21
11 Figure	Quelques histogrammes typiques.....	21
12 Figure	Courbes de modification des histogrammes d'une image entrée	22
13 Figure	augmenter la luminosité.....	24
14 Figure	diminution la luminosité	24
15 Figure	« augmenter la luminosité d'un image »	24
16 Figure	Rehaussement de contraste	25
17 Figure	de Rehaussement de contraste sur image	26
18 Figure	image trop peu contrastée histogramme initial.....	27
19 Figure	histogramme original.....	27
20 Figure	histogramme plat	28
21 Figure	histogramme égalisé.....	29
22 Figure	filtre moyennner	31
23 figure	filtre gaussien.....	32
24 Figure	filtre médian.....	34
25 Figure	filtre de Nagao.....	34
26	Différents filtres	35
27 Figure	une image dilatée et érosion	36
28 Figure	un image a fermeture et l'ouverture.....	37
29 Figure	Exemple d'un seuillage	39
30 Figure	Seuillage d'une image couleur	39
31 Figure	Problème de seuillage global	40
32 Fig	– Champs des lignes paires et impaires en vidéo.....	42
33 Figure	: Spectre électromagnétique	46
34 Figure	schéma simplifié e de l'œil	47
35 Figure	: Absorbances relatives des pigments des différentes cellules réceptrices.....	48

36	Figure Courbes de sensibilité relative globale de l'œil en fonction de la longueur d'onde(λ) Pour la vision diurne $V(\lambda)$ Pour la vision nocturne.	50
37	Figure .teint saturatoin luminosité	52
38	Figure maxwell	53
39	Figure): Synthèse additive	54
40	figure : synthèse soustractive	54
41	Figure : Fonctions colorimétriques RGB	55
42	Figure repercentatoin de l'espace RVB	58
43	Figure Le diagramme de chromaticité x y avec les lieux des principales couleur	59
44	Figure l'espace TSL	60
45	Figure) : Le système de couleurs TSL	61
46	Figure) : Le modèle TSI	62
47	figure(19) B Composante saturation	65
48	Figure C Composante teinte Figure(21)d Composante valeur	65
49	Figure : Résultats de la conversion en RGB	67
50	Figure : Résultats de la conversion en HSV	68
51	Figure Interface de l'application	69
52	Figure image initial	69
53	Figure image en jeun	70
54	Figure image en rouge	71
55	Figures 1, 2, 3 différent couleurs	71
56	Figures 1, 2, 3différent couleurs	72
57	Figures 1, 2, 3 différent couleurs	73
58	Figures 1, 2, 3 différent couleurs	74

Introduction générale

La couleur, comme la musique, est omniprésente dans nos sociétés. Elle constitue un accompagnement indispensable à tous les produits de la société de consommation. A ce titre, elle fait l'objet d'études poussées de la part des professionnels de la communication, du marketing, de la mode. Cependant, malgré (ou à cause de) cette omniprésence, nous ne percevons que rarement la couleur de façon consciente, sauf par défaut : si la couleur est absente (noir et blanc) ou si elle est vraiment très laide. Il suffit pourtant d'imaginer la difficulté que nous éprouverions à retrouver un produit familier dans un rayon de supermarché (votre marque de yaourts préférée par exemple) si la couleur était absente ou modifiée, pour nous persuader de son importance. C'est pour cela que le fabricant de yaourt a pris la peine de contrôler la couleur de l'emballage (et du yaourt) avant de le livrer à la commercialisation. Dans ce domaine, la couleur porte toujours un *message* pour notre inconscient ou semi conscient : « miam, c'est bon ! ». Dans un autre ordre d'idées plus appliquées, l'observation de la couleur permet, de façon souvent très simple et économique, le contrôle de l'élaboration et de la qualité d'un produit : la règle « la recette est bonne quand la couleur est bonne », peut s'appliquer dans des domaines très variés, allant du contrôle de la cuisson des baguettes de pain à la réalisation d'un ciment. L'étude de la couleur est très différente de celle de la lumière. Cet état de fait est résumé par Kandinsky lorsqu'il déclare: La couleur est la touche. L'œil est le marteau. L'âme est le piano aux cordes nombreuses. Il est donc clair que l'harmonie des couleurs doit reposer uniquement sur le principe de l'entrée en contact efficace avec l'âme humaine. En effet, si l'impression de couleur est bien provoqué par la lumière, phénomène physique mesurable, ce signal est traité et transformé par notre œil et notre cerveau pour aboutir à la sensation finale de couleur. L'ensemble des transformations subies par le signal initial est si complexe que les mesures de l'énergie lumineuse rentrant dans l'œil ne rendent que très imparfaitement compte de la perception colorée. Il est donc important de saisir que toute mesure de la couleur ne permet que d'approximer la vision humaine. Il est ainsi parfois inutile de complexifier un algorithme, si l'accroissement de ses performances n'est pas perceptible visuellement. Les études menées en neuro -sciences et en colorimétrie permettent d'appréhender plusieurs points importants. Le signal lumineux qui excite l'œil peut être

considère comme un mélange d'ondes électromagnétiques sinusoïdales se propageant toutes à la vitesse de la lumière ($c \approx 3 * 10^8 \text{m/s}$).

L'objet de ce travail de projet de fin d'études est de développer une méthode de colorisation d'image et vidéo dans l'espace TSL. Le mémoire est organisé en trois chapitres. Le premier chapitre présente des généralités sur le traitement d'images. Le deuxième chapitre présente Les notions de base de la colorimétrie aussi les propriétés de la trichromie et sur les différents espaces qui permettant de placer les couleurs. Le troisième chapitre sera consacré à la partie application et résultats.

Chapitre I. Généralités sur le traitement d'images

1.1 Introduction

Le traitement d'images est, avant tout, une science et une technique par essence multidisciplinaires, de par les connaissances qu'il est nécessaire de maîtriser sur la nature du signal représenté, le développement d'un outil de traitement d'image ne se conçoit pas en l'absence de solides notions sur la discipline au sein de laquelle l'image est exploitée. Ces connaissances vont de l'art pictural aux mathématiques, en passant par les sciences humaines, la médecine et les sciences expérimentales.

L'opération de formation d'une image, conditionne elle aussi fortement ses caractéristiques et une connaissance approfondie de la physique qui sous-entend la création du signal et sa détection est elle aussi de première importance.

Dans ce chapitre nous allons présenter, quelques notions de base des images numériques. Ensuite, nous présentons les étapes les plus importantes du processus de traitement des images numériques [1].

1.2 Définition d'une image

Une image est la représentation d'une scène acquise à l'aide de systèmes de production d'images (appareils photographique, caméra, radiographies, scanner, sonar,.....). Sa forme peut être analogique (ex: photographie, vidéo..) ou numérique (images numérisées suivant divers formats, images compressées ou non...) ou obtenues par des capteurs fournissant des images numérisées) et dans ce cas un traitement par ordinateur est possible [Desachy 2001].

Sonka et la donne un aperçu dans ce que nous comprendrons pour être une image. Ils disent que l'image "peut être modelée par une fonction continue de deux ou trois variables; dans le cas simple les arguments sont les coordonnées (x, y) dans le plan, alors que si les images changent à temps une troisième variable t peut être ajouté.

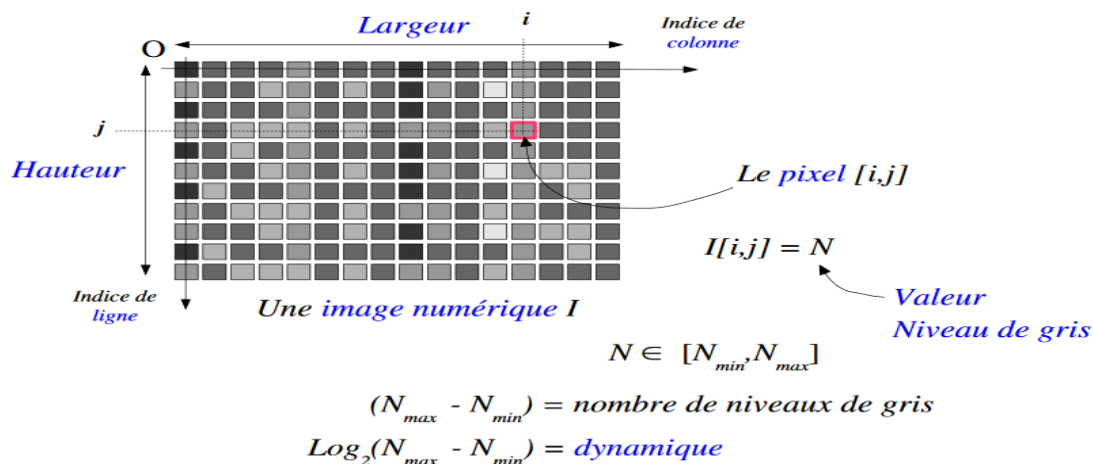
Les valeurs de fonction d'image correspondent à la luminosité aux points de l'image; ceci nous permet d'éviter la description du processus très compliqué de la formation d'image.[John 1999] .

1.3 Image numérique

1.3.1 Définition de l'image numérique

L'image numérique est une matrice codée sous différents nombres de bits, les images numériques peuvent être acquises par plusieurs dispositifs qui s'adaptent aux domaines d'applications. dans le cas du domaine médical l'image peut être acquise par le scanner, l'IRM, la mammographie. On désigne sous le terme d'image numérique toute image (dessin, icône, photographie ...) acquise, créée, traitée, stockée sous forme binaire (suite de 0 et de 1). [2]

L'image numérique est une matrice dont les éléments en appelées pixels. Chaque pixel est un repère par sa position, spatiale et sa luminance. Cette luminance indique le niveau de gris pour l'image à niveau de gris et la couleur pour les images couleurs. Le niveau de gris de la couleur noir(0) jusqu'à la couleur blanche(255) dans une image couleur qui se distingue pour mélange RVB chaque composant varie entre (0 ; 255).[1]



1 Figure exemple de réseau des pixels

1.3.2 Les formats d'images

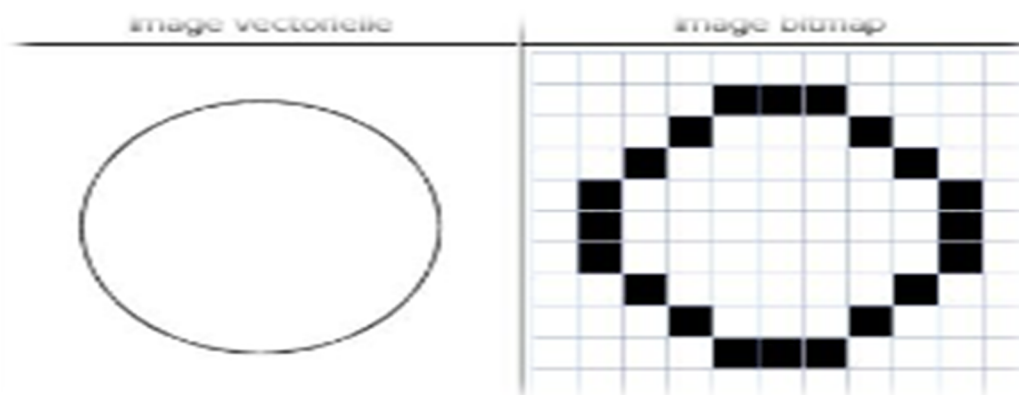
Pour représenter une image, on peut la décrire à l'aide de fonctions mathématiques (représentation vectorielle) ou par l'ensemble des points qui la composent (représentation matricielle). Une image matricielle est formée d'un tableau de points ou pixels. Plus la

densité des points sont élevée, plus le nombre d'informations est grand et plus la résolution de l'image est élevée.[3]

Corrélativement la place occupée en mémoire et la durée de traitement seront d'autant plus grandes. Les images vues sur un écran de télévision ou une photographie sont des images matricielles. On obtient également des images matricielles à l'aide d'un appareil photo numérique, d'une caméra vidéo numérique ou d'un scanner .Quelques formats d'images matricielles [bmp(), jpeg() , JPG() et GIF()] .[3]

Dans une image vectorielle les données sont représentées par des formes géométriques simples qui sont décrites d'un point de vue mathématique. Ces images sont essentiellement utilisées pour réaliser des schémas ou des plans. Les logiciels de dessin industriel fonctionnent suivant ce principe ; les principaux logiciels de traitement de texte ou de PAO (publication assistée par ordinateur) proposent également de tels outils. [3]

Ces images présentent 2 avantages : elles occupent peu de place en mémoire et peuvent être redimensionnées sans perte d'information. On désigne sous le terme d'image numérique toute image acquise, créée, traitée ou stockée sous forme binaire (suite de 0 et de 1).

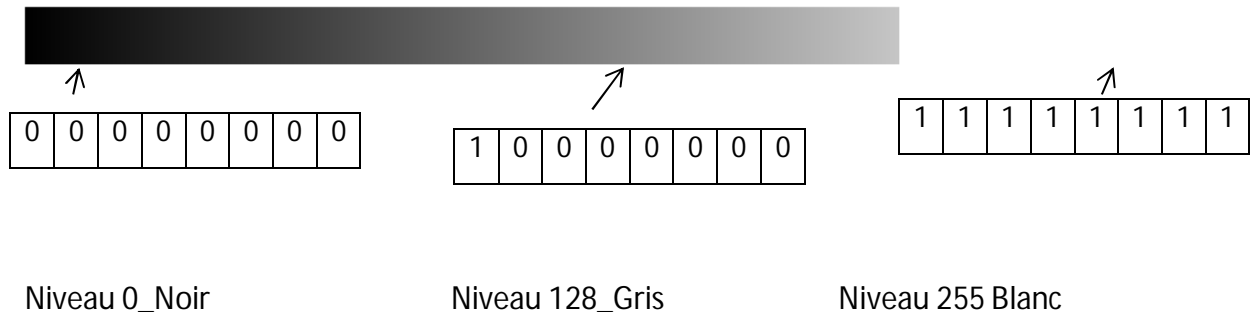


2 Figure Image vectorielle et image bitmap

1.3.3 Les Types d'images

Le pixel est codé en général sur 8 bit soit 256 niveaux de gris G.

Le niveau 0 correspond au noir alors que le niveau 255 correspond au blanc.



-Les images binaires : Une image binaire est une image pour laquelle chaque pixel ne peut avoir pour valeur que 0 ou 1.

-Image à niveaux de gris : Une image ne niveaux de gris autorise un dégradé de gris entre le noir et le blanc. En général, on code le niveau de gris sur un octet (8 bits) soit 256 nuances de dégradé. L'expression de la valeur du niveau de gris $p(i, j) \in [0, 255]$.

-Image couleur : Une image couleur est la composition de trois (ou plus) images en niveaux de gris sur trois(Ou plus) composantes. On définit donc trois plans de niveaux de gris, un rouge, un vert et un Bleu. La couleur finale est obtenue par synthèse additive de ces trois (ou plus) composantes.

-Image à valeurs réelles : Pour certains calculs sur les images, le résultat peut ne pas être entier, il est donc préférable de définir l'image de départ et l'image résultat comme des images à valeurs réelles. En général, une image à valeurs réelle est telle que le niveau de gris est un réel compris entre 0.0 et 1.0. On a dans ce cas pour une image à niveaux de gris: $p(i, j) \in [0.0, 1.0]$. Pour une image couleur, la relation devient $p_R(i, j) \in [0.0, 1.0]$, $p_V(i, j) \in [0.0, 1.0]$, $p_B(i, j) \in [0.0, 1.0]$.



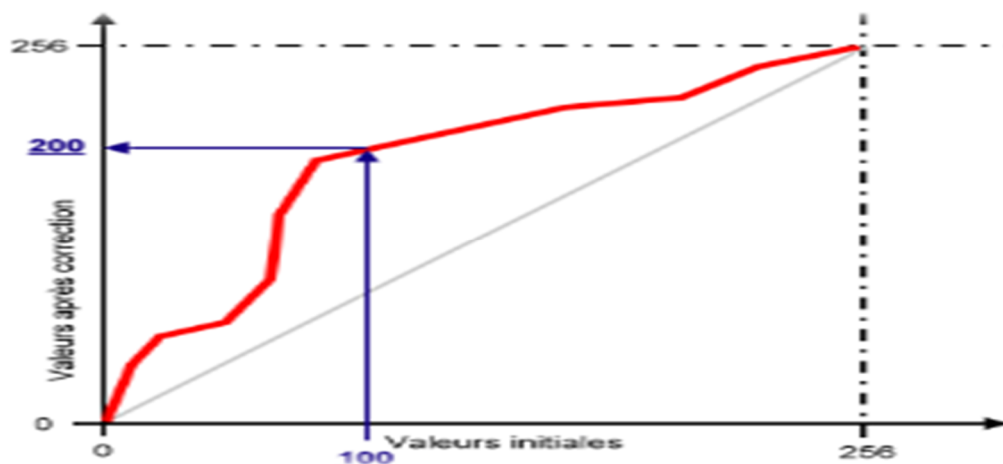
3 Figure image binaire

1.4 Caractéristique d'images

L'image est un ensemble structuré d'informations caractérisé par les paramètres suivants.

1.4.1 Courbe tonale

Retoucher une image revient à modifier les valeurs de certains pixels. On peut le faire localement (à un endroit bien précis de l'image) ou globalement. Dans ce dernier cas, on utilise un outil appelé « courbe tonale » qui ressemble au dessin ci-contre. Sur l'abscisse, on lit les valeurs originales des pixels et sur l'ordonnée les valeurs après modifications. Sur le graphique ci-contre, tous les pixels de valeurs 100 prendront la valeur 200. Ils vont donc s'éclaircir. La diagonale grise est la courbe où il n'y a aucune modification. En fait, il y a trois courbes tonales : une pour le rouge, une pour le vert et une pour le bleu. On les modifie souvent simultanément de la même façon, mais on peut aussi les modifier séparément.[2]

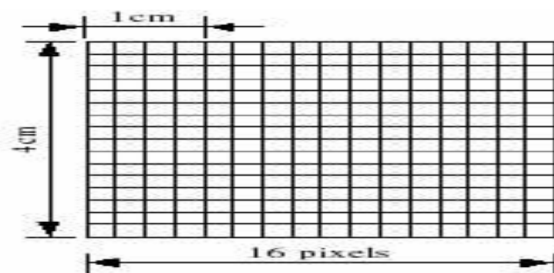


4 Figure courbe tonale

1.4.2 Résolution

C'est le nombre de points contenu dans une longueur donnée (en pouce). Elle est exprimée en points par pouce (PPP, en anglais: DPI pour Dots Per Inch). Un pouce mesure 2.54 cm, c'est une unité de mesure britannique. La résolution définit la netteté et la qualité d'une image.

Plus le nombre de pixels par unité de longueur de la structure à numériser est élevé, plus la quantité d'informations, qui décrit cette structure, est importante et plus la résolution est élevée. La résolution permet ainsi d'établir le rapport entre la définition en pixels d'une image et la dimension réelle de sa représentation sur un support physique (écran, papier...) [4].



5 Figure La résolution d'une image

- La capacité d'une image numérique traduit la réalité physique d'un objet dépend :

a) Du nombre de pixels par ligne et par colonne pour une taille physique fixée. On parle alors de « résolution spatiale » Résolution : Nombre de pixels/ Dimension physique de l'image (exprimée en Pouce).

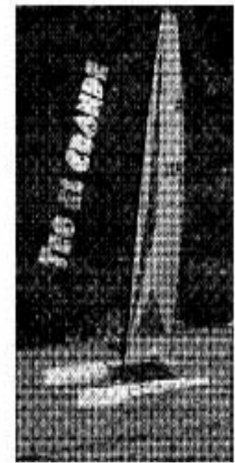
b) Du plus petit écart de couleur cotable entre deux variations d'intensité. On parle alors de « résolution colorimétrique ». Plus cette dernière est élevée plus l'image numérique reflètera de petites variations d'intensité.

- Les 3 images ci-dessous montrent les conséquences de la quantification sur une image codée sur:

a) 24 bits à gauche

b) 8 bits au centre

c) 1 bit à droite



6 Figure Différentes quantifications d'une image

1.4.3 Connexité dans les images

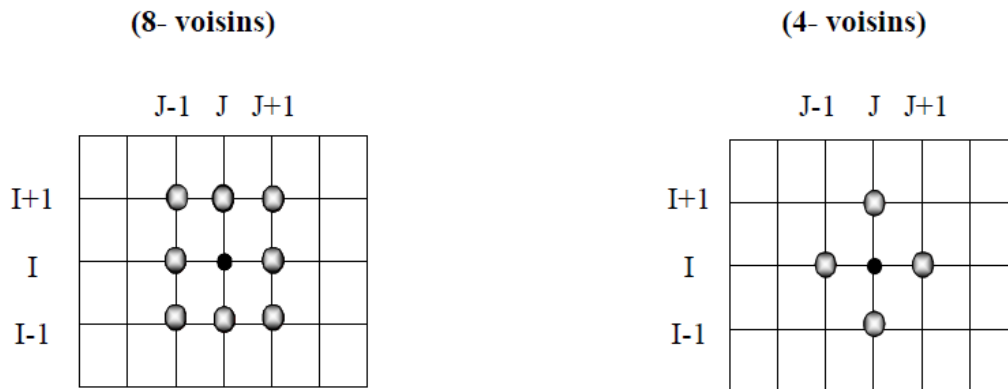
La notion de connexité entre pixels est une notion particulièrement importante pour la détection des frontières d'objets dans une image et des pixels composant un objet : Deux pixels seront considérés comme connexes (appartenant au même objet donc) s'ils satisfont deux critères [11]

-La similarité (par exemple même niveau de gris).

- S'ils sont adjacents (voisins).

a) Voisinage d'un pixel

Un pixel $I(x, y)$ possède quatre voisins horizontaux et verticaux. Si on considère un pixel comme un carré élémentaire, les pixels présentant un côté commun avec $I(x, y)$ sont appelés les 4-voisins de $I(x, y)$. Le pixel $I(x, y)$ possède aussi quatre voisins diagonaux, ce sont les pixels qui ont un sommet commun avec $I(x, y)$. L'ensemble des huit voisins du pixel $I(x, y)$ représentent ce qu'on appelle les 8-voisins (8-voisinage). Ces huit voisins forment la fenêtre 3x3 du pixel $I(x, y)$. On dit aussi que ces pixels sont les 8-adjacents de $I(x, y)$ [12]



7 Figure Voisinage d'un pixel

b) Connexité

La connexité est une propriété de liaison entre deux pixels qui fait qu'on les considère comme faisant partie de la même région dans une image. En supposant que deux pixels P et Q vérifient déjà un certain critère de similarité, on peut définir différents types de connexités

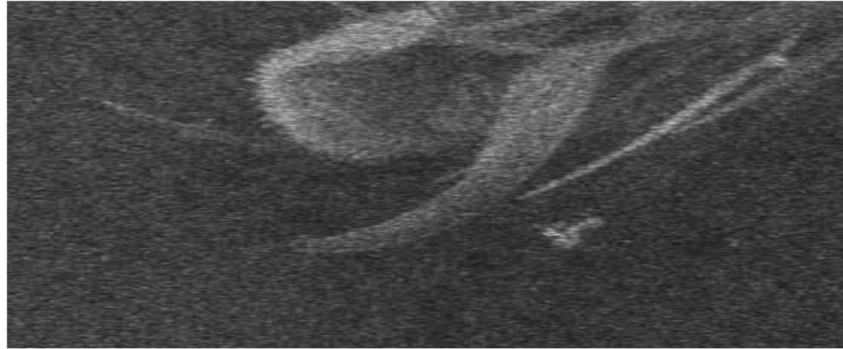
- 4-connexité: Les deux pixels sont deux voisins tels que Q est un des 4-voisins de P
- 8-connexité: Les deux pixels sont deux voisins tels que Q est un des 8-voisins de P
- Connexité mixte: soit P et Q sont 4-voisins, ou bien P et Q sont voisins diagonaux et aucun des 4-voisins communs à P et Q ne sont 4-connexes.

1.4.4 Le bruit dans une image

Il en existe quatre sources de dégradation possibles

- **Bruit lié au contexte de l'acquisition:** L'exemple le plus simple est le bougé, On peut aussi imaginer une modification ponctuelle des conditions d'éclairage, conduisant à une sous (sur) illumination de l'objet observé.
- **Bruit lié au capteur:** si le capteur est de mauvaise qualité ou s'il est mal utilisé, il peut introduire toute sorte de bruits.

- **Bruit lié à l'échantillonnage:** après le passage du domaine continu au domaine discret (phase d'échantillonnage), le bruit peut apparaître dans l'image.
- **Bruit lié à la nature de la scène:** la couverture nuageuse dégrade la qualité des images satellites.



8 Figure Exemple d'image bruitée

1.5 Avantages et inconvénients de l'image numérique

- Les avantages d'une image numérique par rapport à l'image analogique sont :
 - ✓ Plus facile à manier, à stocker
 - ✓ Grande dynamique (8 bits → 12 bits)
 - ✓ Directement utilisable pour traitement, analyse, quantification
 - ✓ Moins coûteuse
- Le principal inconvénient est que la résolution est un peu plus faible.

1.6 Prétraitement d'image

1.6.1 Amélioration du contraste

L'amélioration d'image consiste à amélioreront aspect visuelle de l'image ce fait à rehausser le contraste de l'image, cette amélioration est basé sur les techniques de filtrage pass_ haut et les technique de modification d'histogramme.[5]

1.6.1.1 Histogrammes

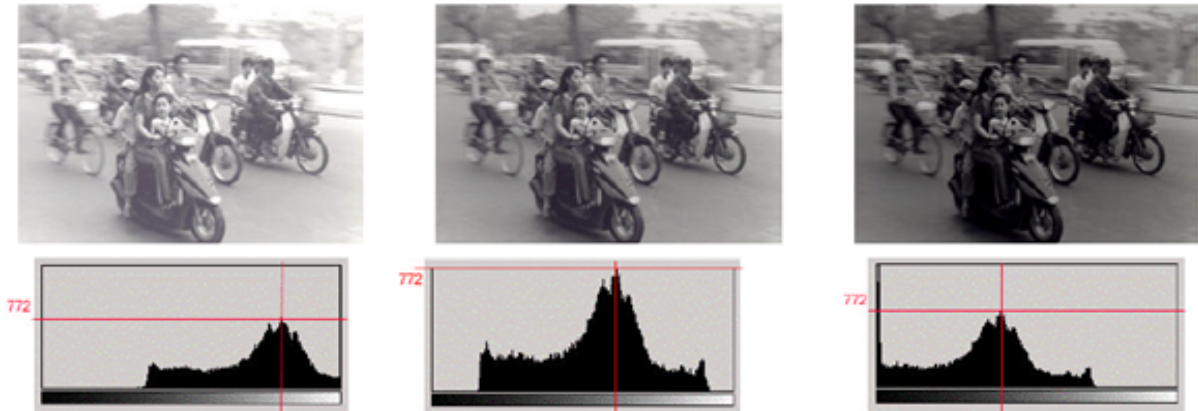
➤ Définition

Un histogramme est un graphique statistique permettant de représenter la distribution des intensités des pixels d'une image, c'est-à-dire le nombre de pixels pour chaque intensité lumineuse. Par convention un histogramme représente le niveau d'intensité en abscisse en allant du plus foncé (à gauche) au plus clair (à droite) sont utilisés :

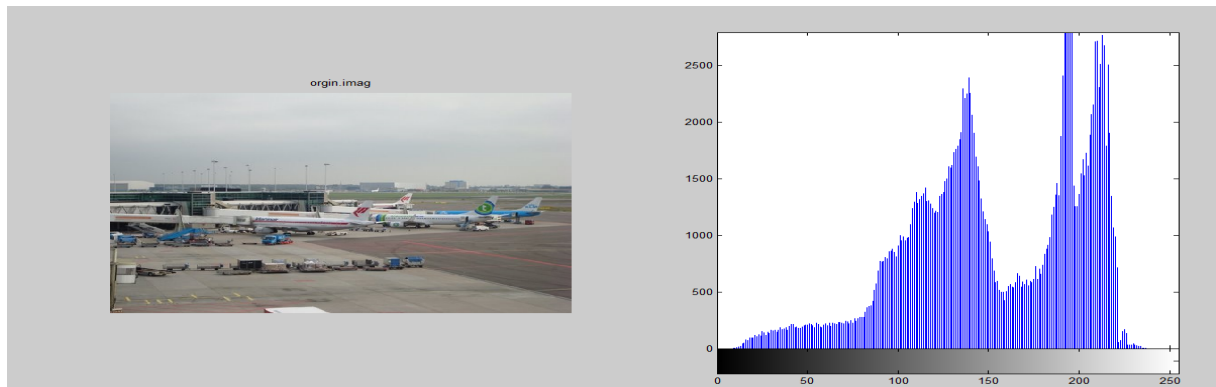
- A l'acquisition, il permet de contrôler et affiner les réglages de prise de vue.
- Pour le traitement, il permet de corriger ou modifier l'exposition de l'image, ainsi que l'échelle des couleurs. Par exemple : améliorer le contraste, corriger une image sous-exposée, renforcer la composante rouge, corriger la non-linéarité du capteur....
- En utilisant judicieusement l'histogramme, on peut faire apparaître les détails et les nuances acquises par le capteur et présentes dans le fichier, mais non visibles à l'œil.[5]

1.6.1.2 Histogrammes des images en niveaux de gris

Il indique pour chaque valeur entre le noir (0) et le blanc (255), combien il y a de pixels de cette valeur dans l'image; En abscisse (axe x) : le niveau de gris (de 0 à 255); en ordonnée (axe y) : le nombre de pixels. Les pixels sombres apparaissent à gauche de l'histogramme, les pixels clairs à droite de l'histogramme et les pixels gris au centre de l'histogramme.[5]



9 Figure exemple d'histogrammes pour une même image plus ou moins bien exposée



10 Figure exemple d'histogramme d'image



11 Figure Quelques histogrammes typiques.

Ces histogrammes ont été réalisés avec Photoshop. La crête est coupée pour obtenir davantage de lisibilité.

1.6.1.3 Histogramme des images couleurs

Pour les images couleurs, plusieurs histogrammes sont utilisés:

- L'histogramme des luminances
- les 3 histogrammes de chacune des composantes R,V,B.

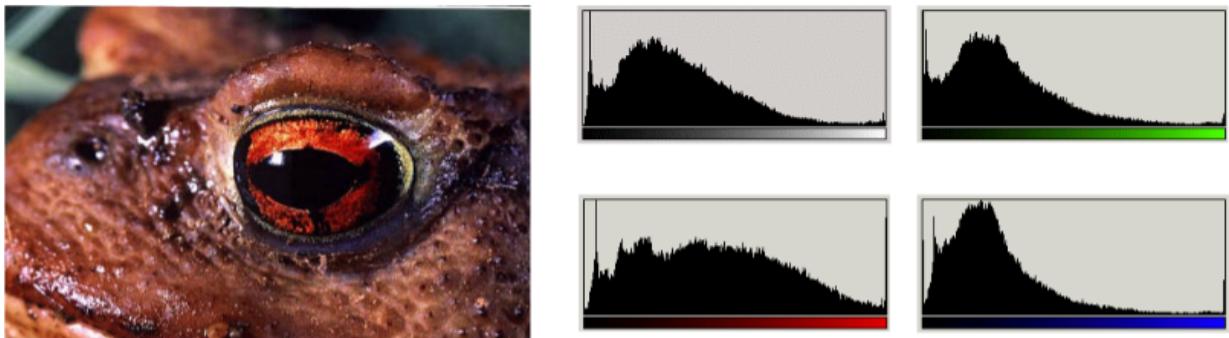
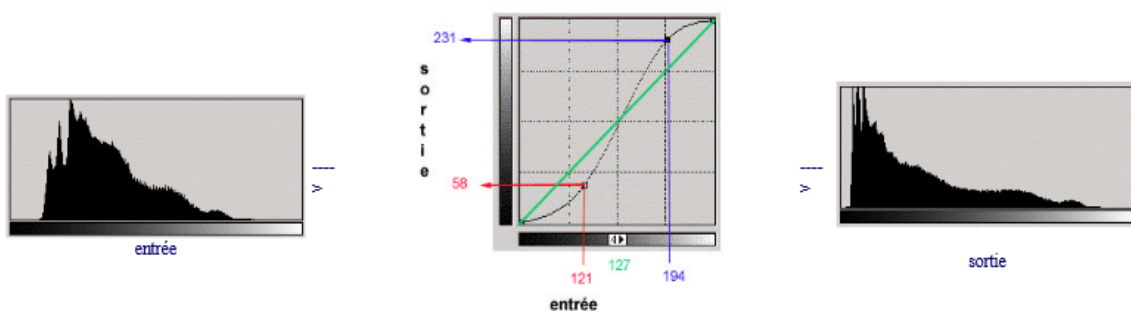


Figure (1 .14): image "dense", c'est à dire sombre, et contenant beaucoup de rouge
L'histogramme de la composante rouge contient relativement plus de fortes valeurs comparativement aux autres histogrammes V et B.

1.6.1.4 Courbes de modification des histogrammes

Cette courbe permet de réaliser une modification globale des niveaux de gris de l'image. Elle indique pour chaque niveau de gris quelle sera sa valeur finale après modification : en abscisse (axe x) le niveau initial (entre 0 et 255) et en ordonnée (axe y) le niveau final (entre 0 et 255).[16]



12 Figure Courbes de modification des histogrammes d'une image entrée

Modification de la courbe de luminosité: les pixels sombres, entre 0 et 127 c'est à dire dans la partie droite de la courbe, diminuent de valeur, alors que les pixels clairs, entre 128 et 255, augmentent de valeur. Par exemple le pixel gris de valeur 121 prendra en sortie la valeur 58 (gris foncé) et le pixel gris clair de valeur 194 prendra en sortie la valeur 231, gris plus clair. Lorsque la courbe de modification de l'histogramme se trouve en dessous de la diagonale, les pixels diminuent de valeur, donc deviennent plus sombres et inversement, lorsque la courbe est au-dessus de la diagonale, les pixels augmentent de valeur et deviennent plus clairs.[2]

1.6.1 .5 Contours et textures

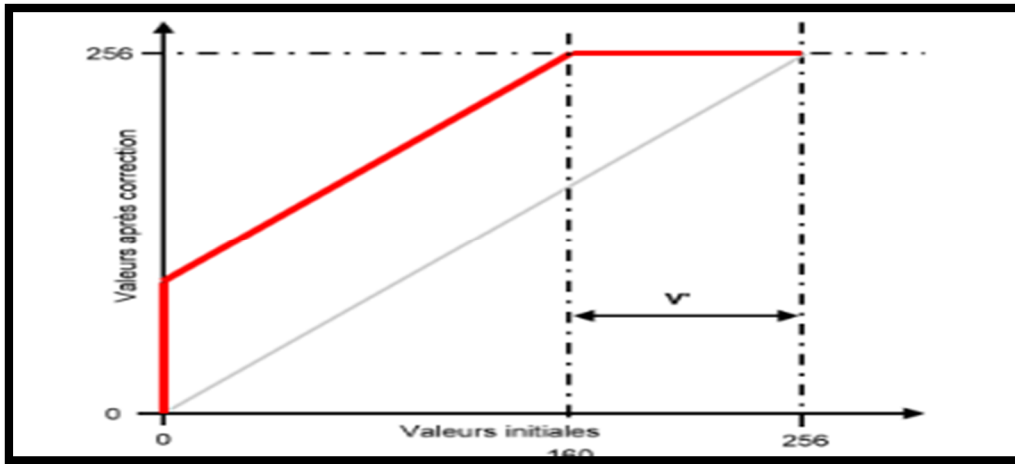
Les contours représentent la frontière entre les objets de l'image, ou la limite entre deux pixels dont les niveaux de gris représentent une différence significative. Les textures décrivent la structure de ceux-ci. L'extraction de contour consiste à identifier dans l'image les points qui séparent deux textures différentes [2]

1.6.1 .6 Luminance

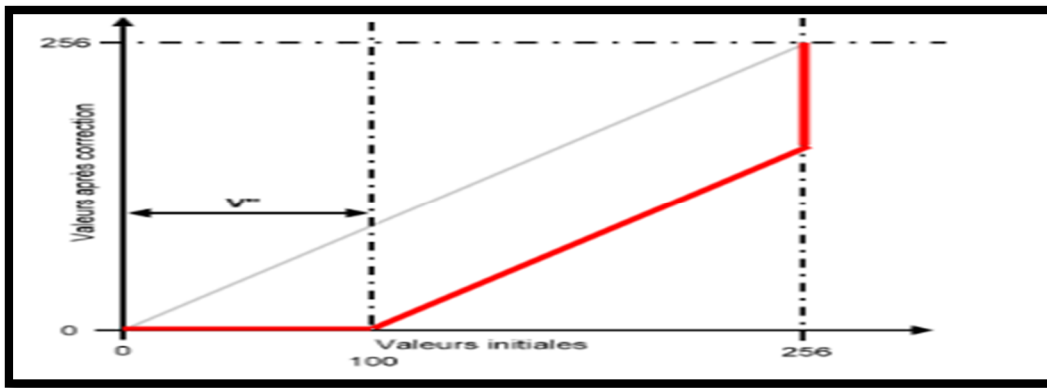
La luminance représente le degré de luminosité ou brillance des pixels d'image. La luminance désigne le signal qui détermine les valeurs de contraste d'une image, du noir le plus profond jusqu'au blanc le plus pur. La couleur correspond à l'autre partie du signal, appelée chrominance. Cette grandeur photométrique fondamentale caractérise l'émission intrinsèque d'une source, indépendamment de sa géométrie. La luminance est le flux émis par unité de surface apparente et par unité d'angle solide. On montre que l'éclairage du plan image produit par un système d'imagerie est proportionnel à la luminance de la source. En particulier, l'impression visuelle est proportionnelle à la luminance des objets car l'éclairage de la rétine de l'œil est proportionnel à la luminance. Une bonne luminance se caractérise par les images lumineuses et par un bon contraste.

- **Changer la luminosité**

Pour augmenter la luminosité, il suffit d'ajouter une valeur fixe à tous les niveaux et Pour diminuer la luminosité il faudra au contraire soustraire une valeur fixe à tous les niveaux [2].



13 Figure augmenter la luminosité



14 Figure diminution la luminosité



15 Figure « augmenter la luminosité d'un image »

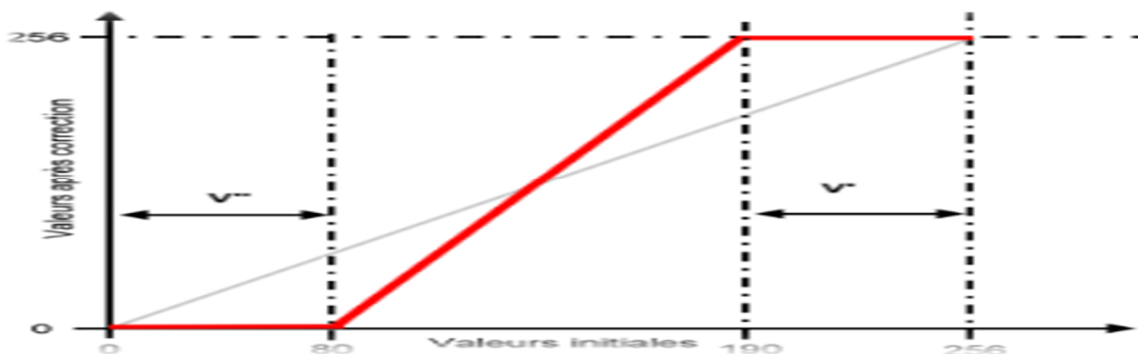
- **Contraste**

Le contraste d'une photo est lié à la notion de luminosité, instinctivement une image paraît contrastée lorsqu'elle mêle des zones très lumineuses et des zones très sombres. Le contraste est une notion qui revient fréquemment lorsque l'on s'intéresse à la photographie:

On juge le contraste d'une image, des logiciels permettent de le régler et même les capteurs et les objectifs ont un rôle à jouer. Ce billet aborde toutes ces notions. Il existe deux approches pour calculer le contraste, la première consiste à voir l'écart entre sa luminance minimale et sa luminance maximale. La formule est la suivante: Avec cette formule une photo est très contrastée si son **histogramme** est très étendu.

$$\text{contraste} = \frac{\text{lum}(\text{max}) - \text{lum}(\text{min})}{\text{lum}(\text{max}) + \text{lum}(\text{min})}$$

Une seconde approche, plus fine, s'intéresse au contraste local de tous les points de l'image et calcule la moyenne pour l'ensemble de l'image. On utilise la même formule qu'au-dessus mais les Min et Max sont limités au voisinage de chaque point (par exemple dans un rayon de 2 pixels). Avec cette méthode une photo est très contrastée si son histogramme est très étendu et qu'il y a beaucoup de zones claires et sombres, avec des transitions franches entre les deux. Pour rendre une image plus contrastée, il faut assombrir les points foncés et éclaircir les points clairs, par exemple comme dans la figure ci-dessous[2] :



16 Figure Rehaussement de contraste

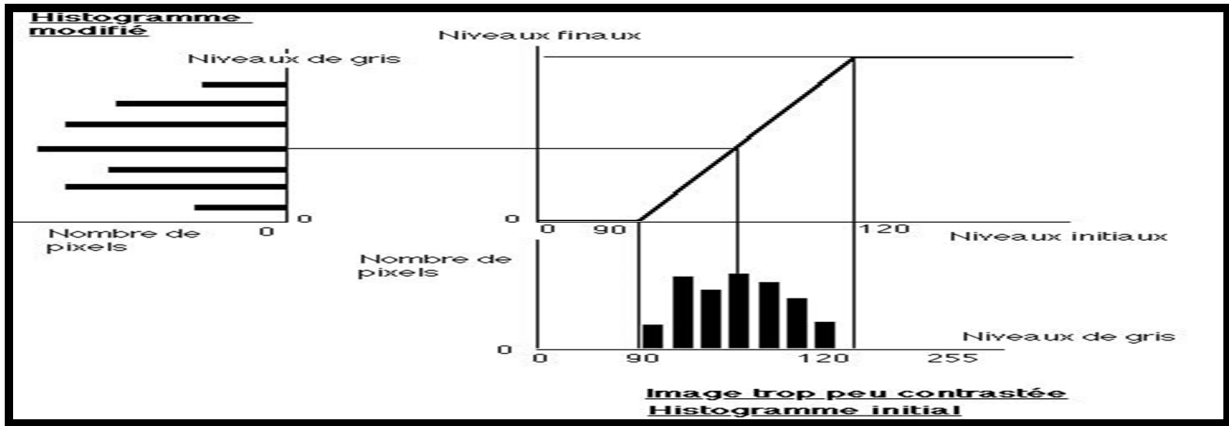


17Figure de Rehaussement de contraste sur image

1.6.1 .7 Recadrage de la dynamique :

Utilisé lorsque certaines images sont initialement trop claires, trop foncées ou bien peu contrastées. Ceci fait les niveaux de gris de l'image entassés soit vers le haut de l'échelle ou bien vers le bas, ou bien sont regrouper dans l'intervalle étroit d'une zone bien spécifique ce défaut est très visible sur l'histogramme c'est dans ce cadre que l'histogramme sera transformé par la transformé LUT(Look Up Tab) pour redistribuer tous les niveaux sur toute la bande de nuances possible('expansion de la dynamique')l'instruction qui permet d'effectuer cette transformation est:

$$I(x, y) = \frac{I(x, y) - G_{\min}}{G_{\max} - G_{\min}} \times 255$$



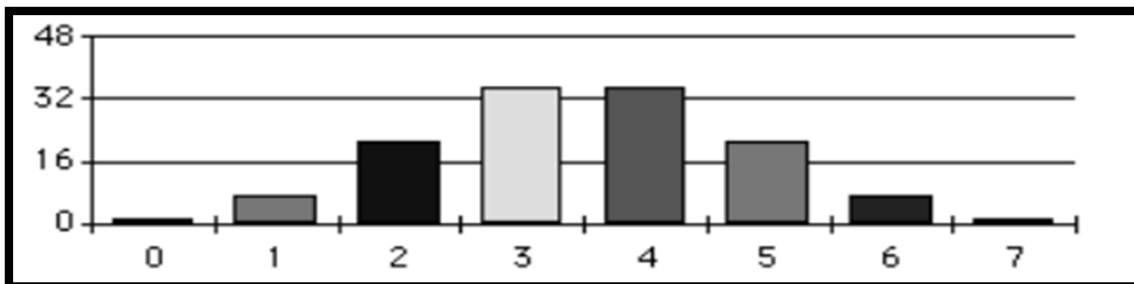
18 Figure image trop peu contrastée histogramme initial

Le but de la table, dans ce contexte, est de redistribuer les niveaux de gris de l'image pour leur faire occuper toute la bande de nuances possibles.[6]

1.6.1 .8 Modification de la forme de l'histogramme(Egalisation)

Il s'agit d'un recadrage d'image vers une forme prédéterminée de l'histogramme. Si la forme est une distribution uniforme (ce qui est fréquemment le cas) il s'agit d'une égalisation d'histogramme. Le but est, à partir d'une image initiale, de produire une nouvelle image dans laquelle tous les niveaux auront la même fréquence de manière exacte ou approchée. Dans le premier cas, on dira que l'histogramme de la nouvelle image est "plat"; dans le second cas, on dira qu'il est égalisé. [6]

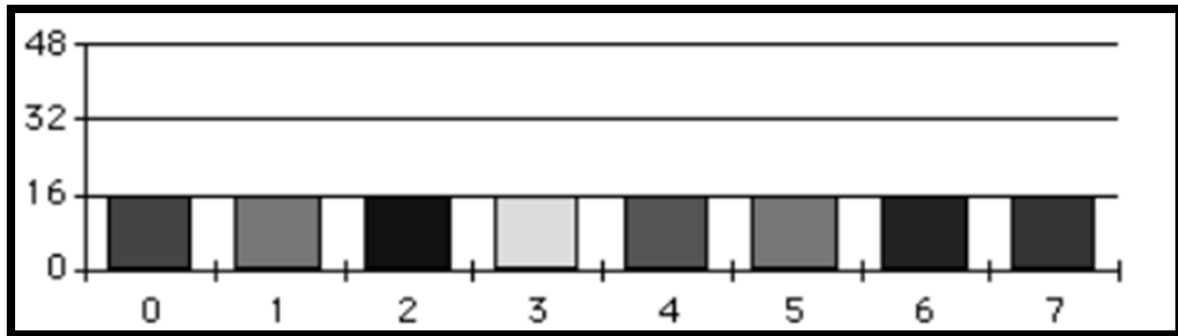
- Histogramme plat



19 Figure histogramme original

Pour obtenir l'histogramme plat, il faut remplir chaque couleur de 0 à 7 avec 16 pixels. Il faut donc opérer une redistribution ;

En modifiant les pixels dans l'ordre de lecture gauche-droite, haut-bas, de l'image, on obtient l'image I2 dont l'histogramme est présenté ci-dessous :



20 Figure histogramme plat

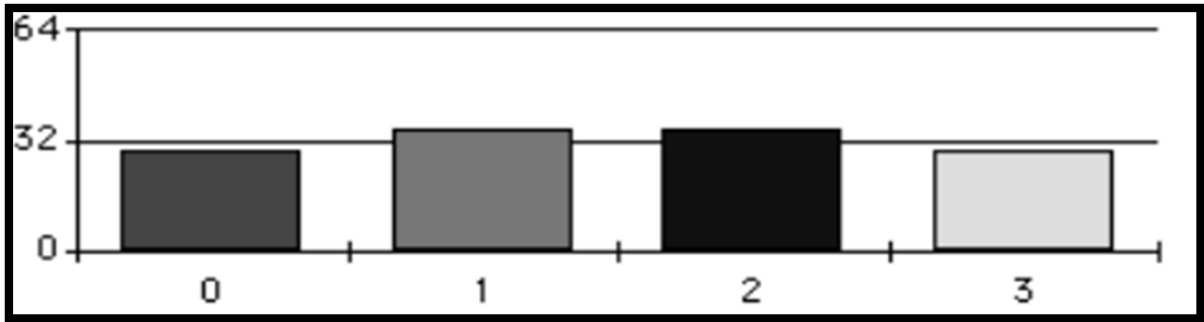
- **Histogramme égalisé**

L'opération d'égalisation est réalisée lorsque l'on a des régions sombres qui sont difficilement perceptibles (perçus). Ceci se traduit par une quantification linéaire des pixels et c'est à ce niveau qu'on remarque que l'intensité lumineuse est inférieure à la luminance moyenne. [7]

$$G' = \frac{255}{\text{nbre de pixels}} \times \text{l'histogramme cumule}$$

Dans la méthode précédente, il y a un arbitraire : le choix des pixels qui changent de niveau. Il est évidemment plus intéressant de ne pas faire de distinction entre les pixels de même niveau et de changer ce niveau globalement. On procède alors par réduction du nombre de niveaux : on remplace plusieurs niveaux par un seul. Soit donc Nr le nombre de niveaux de regroupement ($Nr < N$). On choisira $Nr = 4$ pour cet exemple.

L'histogramme est alors séparé en bandes de largeur N/Nr . Le nombre moyen de pixels par bande est $n \cdot p/Nr$ soit ici $128/4 = 32$. On obtient ainsi l'image I3 dont l'histogramme est présenté ci-dessous. [7]



21 Figure histogramme égalisé

1.6.2 Réduction du bruit dans d'image

➤ INTRODUCTOIN

Le bruit est à l'origine d'un grand nombre de difficulté lorsqu'on désire analyser un signal quelconque. L'image ne fait pas exception à cette règle, ainsi entre une image réel et l'image numérisé obtenu on remarque souvent une altération de l'information cette altération est engendré par le bruit qui est le résultant du bruit électronique du capteur et de la qualité du digitaliseur. [23]

- différents méthodes a utilisé pour minimiser de bruit.

1.6.2.1 Définition du Filtrage

Le principe du filtrage est de modifier la valeur des pixels d'une image, généralement dans le but d'améliorer son aspect. En pratique, il s'agit de créer une nouvelle image en se servant des valeurs des pixels de l'image d'origine par exemple en éliminant un bruit (lignage, spéculer des images radar, etc.) Ou en améliorant les contours d'une image floue. [8]

Familles de filtres (Filtre passe-bas : atténue le bruit et les détail Filtre passe-haut : accentue les détails et les contours). Pour la réduction du bruit dans l'image en utilise des transformations qui est pour chaque pixel tiennent compte de son voisinage ces techniques sont basés sur le filtrage passe bas.

On distingue deux catégories passe bas

- ❖ Le filtrage linéaire : ou la transformation d'un pixel est le fruit d'une combinaison des pixels voisins.
- ❖ Le filtre non linéaire : ou la combinaison des pixels voisins d'une manière non linéaire.

1.6.2.2. Filtrage linéaire

Le filtrage linéaire met en jeu l'environnement de chaque pixel par l'opération de convolution, pour chaque pixel de la zone à laquelle il s'applique, de modifier sa valeur en fonction des valeurs des pixels avoisinants, affectées de coefficients. Parmi les filtres linéaires, 3 catégories de filtres sont envisagées qui se distinguent par des propriétés dans le domaine fréquentiel; nous verrons donc plus loin la raison des appellations utilisées :

- ✓ Filtres "passe-bas" : ils sont utilisés pour atténuer les détails de l'image qui "tranchent" nettement avec le reste de l'image: bords, caractéristiques particulières notamment. Le résultat de l'application d'un filtre "passe-bas" sera une image (brouillée" ou "trouble).
- ✓ filtres "passe-haut" : contrairement aux précédents, ils sont utilisés pour atténuer les caractéristiques "neutres" et mettre en évidence les détails qui "tranchent ".
- ✓ filtres "passe-bande" : ils ont peu d'intérêt pour le rehaussement d'image, mais par contre ils sont utilisés dans le cas de la restauration d'image.

Le principe du filtrage linéaire est de remplacer le niveau d'un pixel par une combinaison linéaire des niveaux des pixels environnants. Cette combinaison linéaire est usuellement représentée par un masque.

1/le filtre moyennier (filtre moyen):il s'agit d'un cas particulier du filtre de convolution qui remplace chaque pixel par la moyenne des pixels adjacents et du pixel central. Le filtrage moyen permet d'adoucir l'image en réduisant les fluctuations des niveaux de gris ce pendant l'image rendue est floue en particulier au niveau des contours.

Appliquer un filtre de convolution consiste à multiplier chacun des pixels de la matrice originale par le moyen du filtre.

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

3*3

Masque du filtre

Ou 1/9*

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Tableau : Application du filtre moyenner (lissage)



Image originale



Moyenne 3 x 3

22 Figure filtre moyenner

Le filtre moyenneur permet de :

- ✓ lisser l'image (smoothing)
- ✓ Remplacer chaque pixel par la valeur moyenne de ses voisins
- ✓ Réduite le bruit
- ✓ Réduite les détails non-important
- ✓ Brouille ou rend floue l'image (blur edges)

2/Le filtre Gaussien : un filtrage gaussien est un filtre linéaire des plus utilisé tout pour sa facilité de mise en enivre que la qualité de ces résultats .un filtrage gaussien consiste en la convolution d'une image .

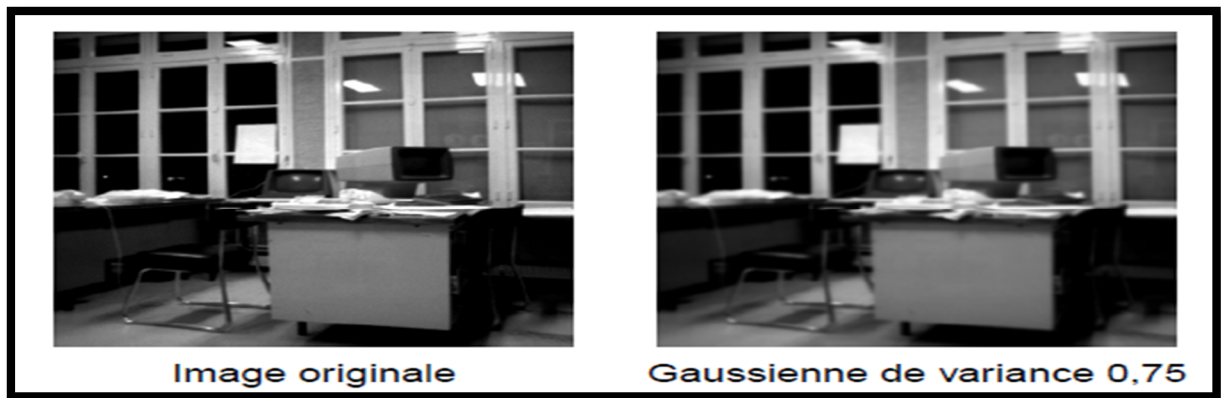
$$I_f = I_x + G(\sigma, y, x)$$

Pour éviter les calculs complexes on utilise la propriété de séparation de la transformation. Celle-ci consiste à employer une succession de deux convolutions pour des filtres de même taille

$$I_f = I_x + G_x + G_y$$

Le premier filtre convole l'image par une gaussienne unidimensionnelle suivant l'axe des X, le résultat obtenu est convolé par une gaussienne suivant l'axe des Y par un filtre dont les coefficients sont identiques au premier afin de ne pas introduire des distorsions spatiales.

Remarque : (l'inconvénient majeur des filtres linéaires est la dégradation des zones de transition pour remédier à cela on utilise des filtres non linéaires).



23 figure filtre gaussien

Figure (1.27) filtre gaussienne

1.6.2.3 Filtres non linéaires

Ces opérateurs ont été développés pour pallier aux insuffisances des filtres linéaires : principalement la mauvaise conservation des contours. Ils ont le défaut d'infliger des déformations irréversibles à l'image. [8]

1/. Filtre médian : Le niveau de gris du pixel central est remplacé par la valeur médiane de tous les pixels de la fenêtre d'analyse centrée sur le pixel. La taille du kernel dépend de la fréquence du bruit et de la taille des détails significatifs de l'image traitée. L'idée principale du filtre médian est de remplacer chaque entrée par la valeur médiane de son voisinage. La figure suivante illustre le fonctionnement d'un filtre médian de fenêtre d'analyse 3*3 sur un exemple:

1	4	5
3	9	6
8	10	2

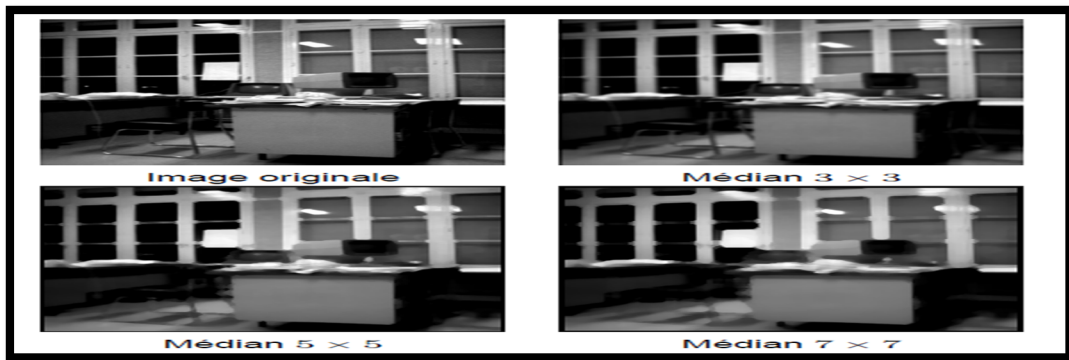
Tableau (1.1) filtre médian de fenêtre 3*3

Le filtre médian va considérer les valeurs du voisinage par valeurs croissantes : $1 < 2 < 3 < 4 < 5 < 6 < 8 < 9 < 10$ La valeur médiane « 5 » est choisie L'opération de classement est coûteuse en tant de calcul.

*	*	*
*	5	*
*	*	*

tableau (1.2).: Principe du filtre médian

Le filtrage médian permet de donner un bon résultat sur une image bruitée affectée par le bruit impulsionnel et qu'il supprime les détails fins. Nous allons voir d'autres types de filtres qui permettent de conserver les zones de transition ainsi que les détails fins.



24 Figure filtre médian

1.2/filtre à moyenne seuillée

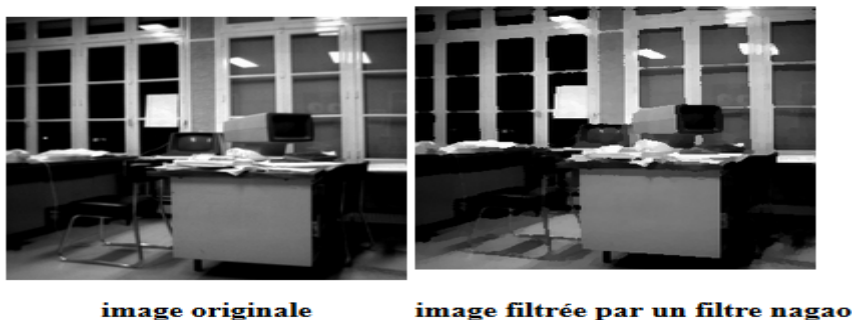
Le principe de ce filtre consiste à réaliser un filtrage uniquement en dehors des zones de transitions celles-ci sont repérée grâce leur variance élevé.

Autour de chaque pixel on calcule la variance de NG (niveau gris) si elle est inférieure a un seuil on reste dans une zone homogène on calcule dans ce cas le moyenne des NG, sinon on garde le niveau de gris d'origine. [8]

2/ Filtre de Nagao

Ce filtre est un filtre a sélection de voisinage, chaque fenêtre de taille 5x5 est divisée a 9domaines pour chaque domaine on calcule la moyenne et la variance, on va ensuite rechercher le domaine ou la variance et la plus faible dans ce cas on affecte la moyenne des Ng de ce domaine au pixel centrale.[8]

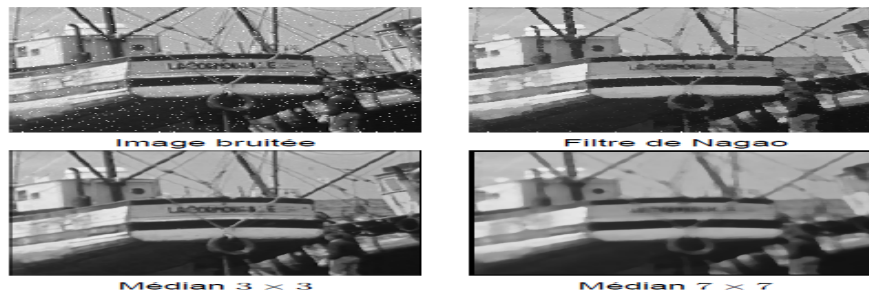
L'image présentée ici est le résultat d'un filtrage Nagao avec un voisinage 9*9



25 Figure filtre de Nagao

Filtrage d'une image

bruitée par un bruit impulsionnel



26 Différents filtres

- ✓ Le filtre de nagao permet de réduire le bruit impulsionnel de préserver les zones de transition et d'améliorer le contraste

3 / Les filtres morphologiques

La morphologie mathématique (MM) emploie les opérateurs Intersection, Union, Inclusion et Complément. L'image transformée est en général simplifiée par rapport à l'image originale, ce qui correspond donc à une perte d'information. Les principales caractéristiques de l'image d'origine sont cependant toujours présentes. Les mesures sont ensuite effectuées sur cette image simplifiée. Les opérations de morphologie mathématique s'appliquaient au début aux images binaires et aux images "monocanal" et avec les années 1970-1980 la MM a été généraliser pour les images à niveau de gris et a connu un extension des principaux concepts (dilatation, érosion, etc.), cette généralisation a abouti à de nouveaux opérateurs, tels que les gradients morphologiques et "la ligne de partage des eaux" (segmentation) .

Elles se font avec un élément structurant (β), caractérisé par sa dimension, sa forme et son centre. Chaque objet de l'image est comparé à (β) en déplaçant (β) en tout pixel de l'image.

Ainsi, dans le cas d'une image binaire, pour chaque position de (β), il peut être détecté si (β) est entièrement inclus dans une zone "pure" de 0 ou de 1, ou une zone qui contient des 0 et des 1. L'élément (β) définit le voisinage d'analyse du pixel traité. Ce voisinage peut être un rectangle, un cercle, un hexagone, etc. Parmi ces opérations morphologiques il y a la dilatation, l'érosion, l'ouverture et la fermeture mathématiques. [8]

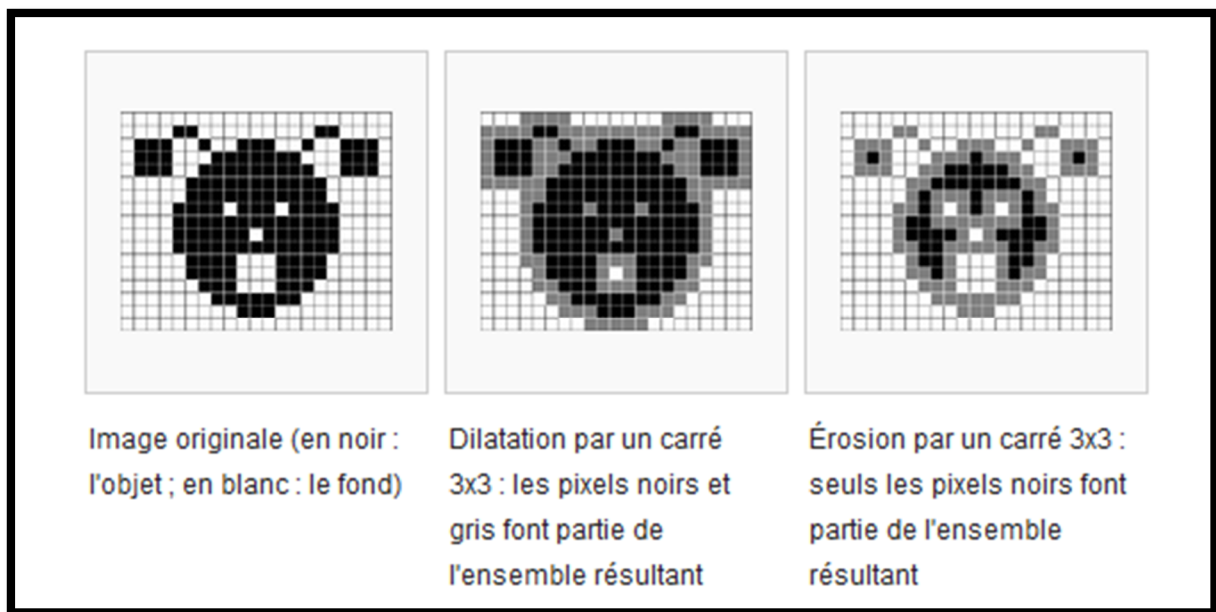
La dilatation

La dilatation est une opération qui « grandit » ou « épaisit » des objets dans une image binaire. D'un point de vue ensembliste, le résultat de la dilatation de l'ensemble A (Image) par l'ensemble β (élément structurant) est l'addition de Minkowski : c'est l'ensemble des points tels que lorsque β est centré sur un de ces points il y a une intersection non vide entre A et β . [8]

- **L'érosion**

L'érosion est une opération qui « rétrécit » ou « amincit » les objets d'une image binaire. La définition mathématique de l'érosion est similaire à celle de la dilatation.

Le principe de l'érosion est le même que la dilatation, mais de façon inversée. En effet, pour que le pixel prenne la couleur de l'objet, ses pixels connexes doivent tous être compris (entièrement inclus) dans l'élément structurant (β). [8]



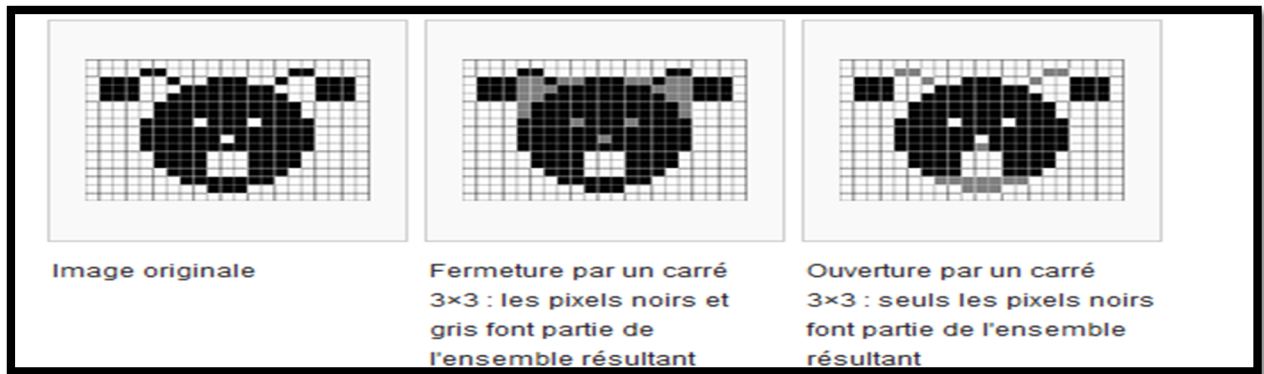
27 Figure une image dilatée et érosion

- **L'ouverture**

L'ouverture morphologique correspond à une érosion suivie d'une dilatation cette technique permet de d'éliminer des branches de taille inférieure à celle de l'élément structure .

- **La Fermeture**

La fermeture morphologique correspond à une dilatation suivie d'une érosion Cette technique permet de remplir les trous.



28 Figure un image a fermeture et l'ouverture

I.7. Segmentation

INTRODUCTOIN

La segmentation est un traitement qui consiste à créer une partition de l'image considérée, en sous-ensemble appelés régions. Une région est un ensemble connexe de pixels ayant des propriétés communes (intensité, texture, ...) qui les différencient des pixels des régions voisines. Celle-ci consiste à effectuer la première étape de l'analyse d'une image elle se manifeste par le partitionnement des divers éléments de l'image en région connues ayant les mêmes propriétés ces régions peuvent être caractérisé par les pixels qui les composent ils s'agissent alors de la segmentation en région, ou bien elles peuvent être caractérisée par les pixels des frontières il s'agit alors de la segmentation en contour.

Essentiellement, l'analyse de l'image fait appel à la segmentation où l'on va tenter d'associer à chaque pixel de l'image un label en s'appuyant sur l'information portée (niveaux de gris ou couleur), sa distribution spatiale sur le support image, des modèles simples (le plus souvent des modèles géométriques). Si l'homme sait naturellement séparer des objets dans une image c'est grâce à des connaissances de haut niveau (compréhension des objets et de la scène). Mettre au point des algorithmes de segmentation de haut niveau (chaque région est un objet sémantique). La segmentation est une étape primordiale en traitement d'image.

À ce jour, il existe de nombreuses méthodes de segmentation, que l'on peut regrouper en quatre principales classes :

1. La segmentation fondée sur les régions (en anglais : région-base segmentation). On y trouve par exemple : la croissance de région (en anglais : région-growing), décomposition/fusion (en anglais : split and merge).
2. La segmentation fondée sur les contours (en anglais : edge-based segmentation).
3. La segmentation fondée sur la classification ou le seuillage des pixels en fonction de leur intensité (en anglais : classification ou thresholding).
4. La segmentation fondée sur la coopération entre les trois premières segmentations.

Segmentation par approche frontières

Cette approche cherche à exploiter le fait qu'il existe une transition détectable entre deux régions connexes. Les méthodes les plus anciennes utilisent des opérateurs de traitement d'images, tels que le filtre de Canny, pour mettre en évidence les pixels qui semblent appartenir à un contour. L'intérêt principal des méthodes de segmentation selon l'approche frontières est de minimiser le nombre d'opérations nécessaires en cas d'itération du processus sur des séries d'images peu différentes les unes des autres (cas des images vidéo notamment). En effet, une fois que les contours des régions ont été trouvés dans la première image, l'application du modèle déformable à l'image suivante est plus efficace que de tout recalculer, si la différence entre les images est peu importante.[9]

Segmentation par approche régions

Les méthodes appartenant à cette famille manipulent directement des régions. Soit elles partent d'une première partition de l'image, qui est ensuite modifiée en divisant ou regroupant des régions, et on parle alors de méthodes de décomposition/fusion (ou split and merge en anglais) ; soit elles partent de quelques régions, qui sont amenées à croître par incorporation de pixels jusqu'à ce que toute l'image soit couverte, et on parle alors de méthodes par croissance de régions. Des méthodes fondées sur la modélisation statistique conjointe de la régularité des régions et des niveaux de gris de chaque région existent également.[9]

Segmentation par classification ou seuillage

On part ici d'un rapport qu'entretient chaque pixel individuellement avec des informations calculées sur toute l'image, comme la moyenne des niveaux de gris de l'ensemble des pixels, ou la médiane, permettant de construire n classes d'intensité. Lorsque les classes

sont déterminées par le choix d'un seuil, on parle de seuillage. Les pixels appartenant à une même classe et étant connexes forment des régions de l'image.[10]

1.8 Seuillage d'image

Le seuillage d'image est la méthode la plus simple de segmentation d'image. À partir d'une image à niveau de gris, le seuillage d'images peut être utilisé pour créer une image comportant uniquement deux valeurs, noir ou blanc (monochrome). On remplace un à un les pixels d'une image par rapport à une valeur seuil fixée (par exemple 123). Ainsi, si un pixel a une valeur supérieure au seuil par exemple (150), il prendra la valeur 255(blanc), et si sa valeur est inférieure par exemple(100), il prendra la valeur 0(noir). [10]



29 Figure Exemple d'un seuillage

Avec une image en couleur, on fera de même avec les trois composantes rouge, vert et bleu. Il y aura ainsi huit couleurs possibles pour chaque pixel : blanc, noir, rouge, vert, bleu, magenta, jaune et cyan.



30 Figure Seuillage d'une image couleur

1.8.1 Seuillage global

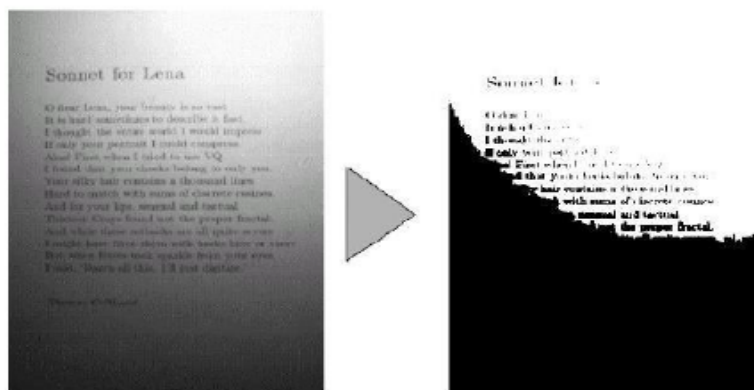
Le principe du seuillage global est d'utiliser une valeur seuil à partir de laquelle on peut choisir à quelle classe le pixel appartient. La transformée peut s'écrire ainsi :

$$\forall i, j \in N \times M \quad I(i, j) = \begin{cases} 255 & \text{si } f(i, j) > S \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

(N xM: nombre de colonnes et de lignes de l'image, I : image binaire, f : valeur fonction de l'image d'origine, S : seuil de binarisation).

Cependant, cette technique pose beaucoup de problème. Le premier est de définir le seuil. La grande majorité des techniques utilisent l'histogramme des niveaux de gris pour choisir le seuil à appliquer. Dans le cadre bayésien, un histogramme peut être vu comme étant la somme des lois de probabilités des différentes classes de l'image. Le bruit étant souvent supposé gaussien, il affecte la probabilité d'observer une classe en étalant sa loi de probabilité initiale, plus ou moins fortement suivant le bruit. En faisant l'hypothèse qu'il existe seulement deux classes générant des lois de probabilités, il faut choisir un seuil où le recouvrement des deux lois est minimal.

Cependant, à cause du bruit, il n'est pas toujours facile de détecter les deux lois de probabilités. Wu et al. Proposent alors de filtrer l'image avec un filtre passe-bas. Ils expliquent que le bruit sur le fond produit plus de hautes fréquences que le texte. Cela permet bien souvent de séparer les deux modes de l'histogramme, et donc facilite le choix du seuil. Mais cette solution ne permet pas de trouver un seuil global (puisque'il n'existe pas, cf. figure 1.18), dans le cas d'une mauvaise illumination du document, ou dans le cas où le texte passerait de noir sur fond blanc à blanc sur fond noir. Pour pallier à ces problèmes, il faut trouver des techniques permettant d'adapter localement le niveau du seuil. [12]



31 Figure Problème de seuillage global

1.8.2 Seuillage local

Le principe du seuillage local est d'utiliser une étude localisée autour du pixel pour déterminer quel seuil utiliser. Pour réaliser cette étude locale, les techniques utilisent une fenêtre d'étude centrée sur le pixel à étudier. Cette fenêtre peut avoir différentes tailles, souvent en fonction de la taille moyenne du texte dans le document. Le premier à proposer une technique donnant de bons résultats fut Bernsen en 1986. [12]

$$s(i,j) = (\max(i,j) + \min(i,j))/2$$

Avec :

- $S(i, j)$: seuil à appliquer pour le point i, j .
- $\text{Max}(i, j)$: valeur du niveau de gris maximal dans une fenêtre centrée en (i, j) de taille $N \times M$.
- $\text{Min}(i, j)$: valeur du niveau de gris minimal dans une fenêtre centrée en (i, j) de taille $N \times M$.
- N et M appartenant à \mathbb{N}

Cependant, ce filtre est très sensible au bruit du fond. À cause de la prise en compte du maximum et du minimum uniquement, dans le cas où la fenêtre est uniquement sur du fond, le bruit sera interprété comme objet, car le seuil sera bas.

La même année, Niblack proposa une méthode similaire sur le principe, mais prenant en compte d'autres paramètres. [12]

1.9 Introduction à la vidéo numérique

1.9.1 Définition de la vidéo

Une vidéo est une succession d'images à une certaine cadence. L'œil humain a comme caractéristique d'être capable de distinguer environ 20 images par seconde. Ainsi, en affichant plus de 20 images par seconde, il est possible de tromper l'œil et de lui faire croire à une image animée. D'autre part la vidéo au sens multimédia du terme est généralement accompagnée de son, c'est-à-dire de données audio [13].

1.9.2 Vidéo numérique et analogique

On distingue généralement plusieurs grandes familles d'images animées :

- Le cinéma, consistant à stocker sur une pellicule la succession d'images en négatif. La restitution du film se fait alors grâce à une source lumineuse projetant les images successives sur un écran.
- La vidéo analogique, représentant l'information comme un flux continu de données analogiques, destiné à être affichées sur un écran de télévision (basé sur le principe du balayage). Il existe plusieurs normes pour la vidéo analogique. Les trois principales sont : PAL, SECAM et NTSC.
- La vidéo numérique consistant à coder la vidéo en une succession d'images numériques.

✓ PAL et SECAM

Le format PAL/SECAM (Phase Alternating Line/Séquentiel Couleur avec Mémoire), utilisé en Europe pour la télévision hertzienne, permet de coder les vidéos sur 625 lignes (576 seulement sont affichées car 8% des lignes servent à la synchronisation). A raison de 25 images par seconde pour un format 4 : 3 (c'est-à-dire que le rapport largeur sur hauteur vaut 4/3) []. Or à 25 images par seconde, de nombreuses personnes perçoivent un battement dans l'image. Ainsi, étant donné qu'il n'était pas possible d'envoyer plus d'information en raison de la limitation de bande passante, il a été décidé d'entrelacer les images, c'est-à-dire d'envoyer en premier lieu les lignes paires, puis les lignes impaires. Le terme " champ " désigne ainsi la " demi image " formée soit par les lignes paires, soit par les lignes impaires comme indiqué sur la figure suivante .



32Fig – Champs des lignes paires et impaires en vidéo

Grâce à ce procédé appelé " entrelacement ", le téléviseur PAL/SECAM affiche 50champs par seconde (à une fréquence de 50 Hz), soit 2x25 images en deux secondes [13].

✓ NTSC

La norme NTSC (National Television Standards Committee), utilisée aux Etats-Unis et au Japon, utilise un système de 525 lignes entrelacées à 30 images/seconde (donc à une fréquence de 60Hz). Comme dans le cas du PAL/SECAM, 8% des lignes servent à synchroniser le récepteur. Ainsi, étant donné que le NTSC affiche un format d'image 4 : 3, la résolution réellement affichée est de 640x480 [13].

1.9.3 La vidéo numérique

La vidéo numérique consiste à afficher une succession d'images numériques. Puisqu'il s'agit d'images numériques affichées à une certaine cadence, il est possible de connaître le débit nécessaire pour l'affichage d'une vidéo, c'est-à-dire le nombre d'octets affichés (ou transférés) par unité de temps. Ainsi le débit nécessaire pour afficher une vidéo (en octets par seconde) est égal à la taille d'une image que multiplie le nombre d'images par seconde. Soit une image trivie colorée (24 bits) ayant une définition de 640 pixels par 480. Pour afficher correctement une vidéo possédant cette définition il est nécessaire d'afficher au moins 30 images par seconde, c'est-à-dire un débit égal à $(900 \text{ Ko} \times 30) = 27 \text{ Mo/s}$.

1.10 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu sur l'image et ses caractéristiques, Ce dernier est le processus qui prend une image en premier lieu et produit une autre image, qui est le résultat d'une telle opération de transformation qui vise à satisfaire la vision humaine. Nous avons essayé aussi de donner un aperçu sur le principe de fonctionnement des traitements d'images les plus utilisées, tel que : la segmentation, le filtrage, le rehaussement de contrastes et d'autres. On expose quelques généralités sur la vidéo numérique. Dans le chapitre suivant, nous nous intéresserons à des généralités sur les principaux espaces couleurs en définissant quelques termes du domaine qui présentent notre point d'intérêt.

Chapitre II. Coloration des images et vidéos dans l'espace TSL

2.1 Introduction

Isaac Newton a montré en 1666 que la lumière blanche pouvait être séparée par un prisme en différentes couleurs qui composent le spectre visible. Il s'étale du rouge, orange, jaune, vert, bleu puis violet. La lumière est une onde électromagnétique dont la longueur d'onde va pour le visible de 380 à 780 nm. Dans le domaine de la vision artificielle on peut toutefois travailler dans le domaine de l'invisible, infra-rouge ou ultra-violet. Il est important de noter que la visibilité de la lumière est variable, ainsi chez les animaux, elle ne sera pas identique à celle de l'homme.

La perception humaine de la couleur est liée à la physiologie de l'œil. La rétine est constituée de cellules de deux types différents : les cônes et les bâtonnets. En son centre la vision est surtout assurée par les cônes, elle est excellente et sa qualité est fonction de l'éclairage. En périphérie la vision est médiocre sans notion de couleur, elle fonctionne sur tout en lumière faible et elle est principalement assurée par les bâtonnets. La perception visuelle est la combinaison d'un capteur, l'œil et d'un système d'analyse, le cerveau. La perception des couleurs se définit comme une sensation, elle est donc associée à la subjectivité humaine. L'étude de la couleur couvre de nombreuses branches scientifiques comme la colorimétrie, la photométrie, la radiométrie, la vision couleur. Ces sciences sont toujours associées avec les aspects physiologiques de la perception couleur. L'œil ne sait pas distinguer la couleur pure de celle obtenue par mélange, il décompose donc la couleur suivant un nombre limité de composantes. Nous allons ici présenter les systèmes de base de la colorimétrie avec les différents espaces couleur [14], nous nous intéresserons ensuite aux particularités de l'espace(TSL)[Teinte-Saturation-Luminance].

2.2 La colorimétrie

Nous allons parler de la couleur, des colorants et de la coloration de matière. Le terme « couleur » peut désigner une sorte de lumière, son effet sur l'œil humain ou, plus important encore, son effet dans l'esprit d'un observateur Les colorants, d'un autre côté, sont des

objets purement physiques. Ce sont les teintures et les pigments utilisés lors du processus de coloration de la matière. La coloration, enfin, est un processus physique, celui d'appliquer de la teinture sur des textiles ou d'incorporer, par dispersion, des pigments dans de la peinture, des encres et des plastiques. [15]

2.2.1 Le stimulus physique

Pour décrire la couleur, nous devons parler à la fois d'actions physiques, telle que la production d'un stimulus sous forme de lumière, et de résultats subjectifs comme la réception et l'interprétation de ce stimulus au niveau de l'œil et du cerveau. Dans un premier temps, nous n'étudierons que l'aspect physique de la couleur, qui est le plus simple. D'un point de vue purement physique, la production de couleur requiert tout au plus 4 choses : une source de lumière, un objet illuminé, un œil pour détecter le signal et le cerveau pour l'analyser. Bien évidemment, l'œil et le cerveau peuvent être remplacés par un détecteur photosensible, relié à un ordinateur pour le traitement de signal. Bien qu'une source de lumière puisse être observée directement pour en percevoir la couleur, nous nous référerons toujours à un objet illuminé par une source de lumière, à moins qu'il n'en soit spécifié autrement (puisque c'est l'interaction de la lumière avec la matière qui nous intéresse préférentiellement [6]).

2.2.1.1 La lumière

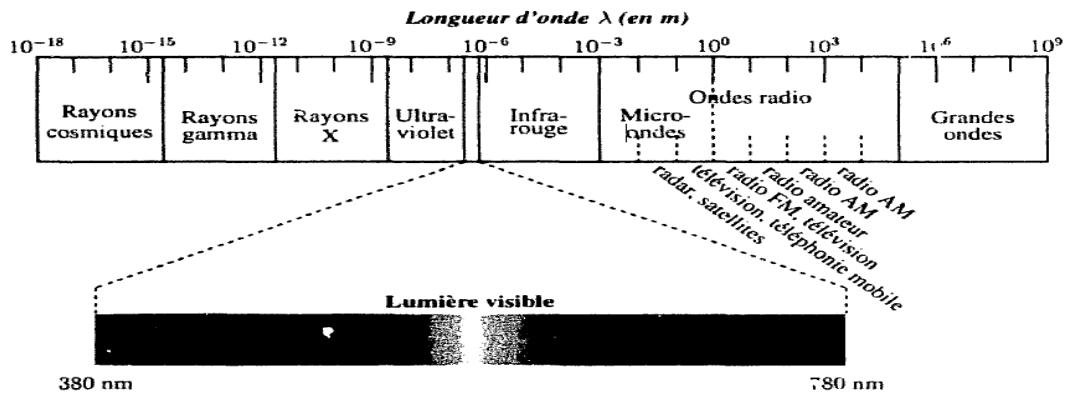
- Définition

C'est une forme d'énergie issue de deux composantes : – une onde électromagnétique ondulatoire – un aspect corpusculaire (les photons) La lumière a une vitesse de déplacement d'environ 300000 km/s, et une fréquence d'environ 600000 GHz.

- Composition de la lumière

Ce que nous appelons lumière visible est en fait la partie du rayonnement électromagnétique émis par le soleil à laquelle nos yeux sont sensibles. L'œil humain ne perçoit que les ondes électromagnétiques dont les longueurs d'onde sont comprises entre environ 380 et 780 nanomètres (nm). Ces longueurs d'onde définissent le domaine du visible. Isaac Newton, en 1666, met en évidence qu'il est possible de décomposer la lumière en un spectre de rayons lumineux à l'aide d'un prisme de verre. Chacun de ces rayons est en

fait constitué de radiations de même longueur d'onde, dites monochromatiques Le spectre correspondant à la lumière visible est appelé le spectre visible (voir figure 1.1) [16]



33 Figure : Spectre électromagnétique

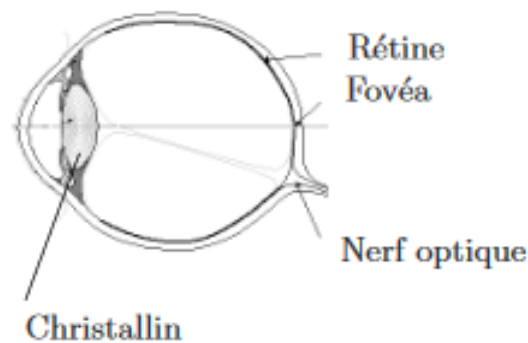
La lumière peut être considérée comme un rayonnement d'énergie électromagnétique perceptible par l'homme par le sens de la vue. Chaque radiation, caractérisée par une longueur d'onde, donne une couleur pure. Mais la plupart des couleurs visibles sont composées d'un mélange de plusieurs couleurs pures.[17]

On appelle lumière monochromatique une lumière dont le spectre a une largeur de bande de 1 nanomètre. On a montré - expérimentalement - que l'on pouvait reconstituer toute lumière visible à partir de trois lumières monochromatiques bien choisies. En particulier, il ne faut pas qu'une lumière monochromatique puisse être obtenue à partir des deux autres. Les trois couleurs ainsi choisies sont appelées *couleurs primaires*. Cette expérience est connue sous le nom d'Expérience de Meyer.

2.2.1.2 L'œil et la vision

- Description de l'œil

La partie optique de la couleur se limite à l'œil composé (entre autre) du cristallin et de la rétine (voir Figure 1.2). Le cristallin agit comme une lentille épaisse qui concentre les rayons lumineux sur la rétine. L'image inversée ainsi obtenue n'est nette que dans la partie centrale de la rétine appelée fovéa. La rétine tient compte de cette caractéristique optique puisque les récepteurs sont beaucoup plus nombreux dans la région nette (la fovéa) que dans les régions périphériques [15].



34 Figure schéma simplifiée de l'œil

2.2.3 Les propriétés de la vision

L'œil par ailleurs dispose d'un contrôle réflexe de la quantité de lumière par l'iris celui-ci dilate ou rétracte (de 2 à 8mm de diamètre) son orifice central, la pupille, pour réguler le flux lumineux entrant et éviter l'éblouissement ainsi, une modification du diamètre de la pupille entraîne une variation de la luminosité de l'image.

Le pouvoir séparateur de l'œil c'est le plus petit écart angulaire entre deux points que l'œil peut séparer il est de l'ordre d'une minute d'angle ($1/60^\circ$ de degré). L'œil par ailleurs caractérisé par un phénomène de persistance rétinienne, qui est tel que chaque image captée par la rétine reste un instant en mémoire avant de disparaître. En effet, les influx nerveux qui apparaissent au niveau de la rétine persistent sur celle-ci durant environ 50ms

après la fin de l'excitation lumineuse ainsi l'œil voit une succession d'au moins 20 images par seconde, il conserve en mémoire l'image précédente jusqu'à ce que la suivante arrive, sans interruption.

Il perçoit alors une sensation de mouvement et de continuité. Ce phénomène a été démontré par l'Leonard de Vinci à l'époque de la renaissance, et démontré par le chimiste et physicien Michael Faraday en 1825.

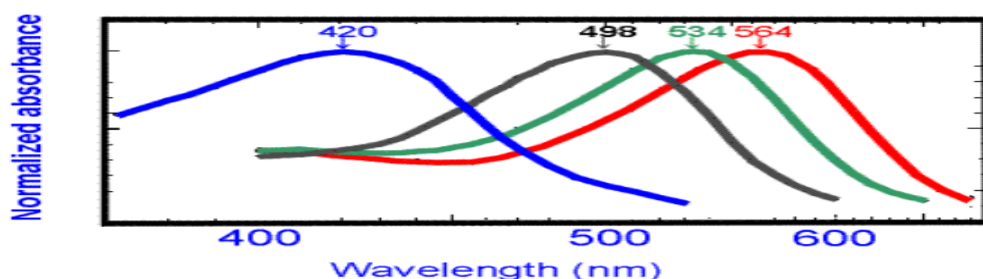
Enfin, l'œil possède un pouvoir de résolution beaucoup plus faible pour les détails de couleurs que pour les détails de luminosité. Cette imperfection est pleinement exploitée par les systèmes de codage de l'image vidéo, dont certains réduisent jusqu'à 75% la quantité d'informations de couleurs par rapport à l'information de luminance. [19]

2. 2.4 Les cônes et les bâtonnets

La vision d'une couleur est un phénomène qui dépend de deux sensations élémentaires : d'une part celle liée à la teinte, d'autre part celle liée à la luminosité. Ces deux sensations font intervenir deux sortes de cellules photosensibles de la rétine, de nombre et de distribution très inégaux, respectivement les cônes (de 6 à 8 millions) et les bâtonnets (environ 125 millions)[15]

Les cônes, qui fonctionnent en vision diurne, et sont sensibles à la couleur. Ils sont environ $7 \cdot 10^6$, répartis en trois sortes.

- cônes « R » sensibles aux grandes longueurs d'ondes environ 30%
- cônes « V » sensibles aux moyennes longueurs d'ondes, environ 60%
- cônes « B » sensibles aux courtes longueurs d'ondes, environ 10%



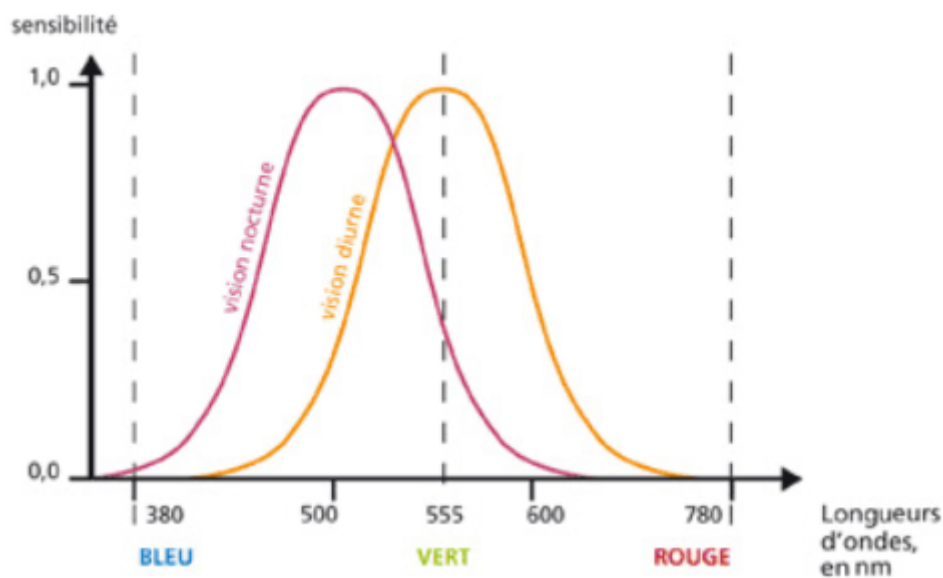
35 Figure : Absorbances relatives des pigments des différentes cellules réceptrices

Les bâtonnets, beaucoup plus sensibles, et qui fonctionnent à des niveaux d'éclairement compris entre 10^{-5} et 1 lux environ. Il n'y a qu'une sorte de bâtonnets et ils ne permettent donc pas de distinguer les couleurs (« la nuit tous les chats sont gris »). Leur maximum de sensibilité est déplacé vers le bleu par rapport aux cônes (cf. courbes ci-dessous): c'est l'effet Purkinje, qui se manifeste dans l'aspect noir que prennent les objets rouges en vision nocturne. Citons aussi comme application l'usage de lunettes rouges sous éclairage normal pour ne pas saturer les bâtonnets lorsqu'on veut garder une accoutumance à la vision de nuit. [16]

La rétine renferme deux types de cellules photosensibles comme en a dit : les cônes sont responsables de la sensation colorée –si la quantité de lumière est suffisante, tandis que les bâtonnets n'interprètent que la luminosité.[6]

2.2.5 La courbe de visibilité relative

Précisons que lorsque nous parlons de variation de sensibilité relative de l'œil en fonction de la longueur d'onde, nous ne considérons que notion de luminosité. Cette courbe (fig1.4) valable pour un éclairage moyen, révèle que l'œil réagit de manière sélective aux différentes couleurs certaines paraissant plus lumineuses que l'autre. La sensation lumineuse la plus forte est obtenue pour la couleur vert-jaune correspondant à la longueur d'onde 555nm (en vision diurne). En revanche la visibilité des rouges d'une part et des bleus d'autre part est beaucoup plus faible. Cela signifie que pour ressentir une impression de luminosité équivalente, l'œil a besoin davantage d'énergie bleu ou rouge que d'énergie verte. Cependant toutes les grandeurs photométriques et colorimétriques se réfèrent à la courbe en vision diurne, qui a été adoptée en 1931 par la (CIE) comme courbe de luminosité standard [19].



36 Figure Courbes de sensibilité relative globale de l'œil en fonction de la longueur d'onde(λ) Pour la vision diurne $V(\lambda)$ Pour la vision nocturne.

2.2.6 La couleur d'un objet

➤ Qu'est-ce que la couleur ?

La couleur est la sensation reçue par notre système visuel (les yeux, plus le cerveau) lorsque les objets que nous regardons reçoivent de la lumière dont les longueurs d'onde (λ) sont comprises entre 400 et 700 nm environ. Ainsi les couleurs trouvent leur origine dans la séparation de la lumière blanche naturelle en composantes absorbées et composantes réfléchies. Toute source lumineuse visible est composée d'un mélange d'ondes électromagnétiques cohérentes (i.e. couleurs pures). Les propriétés de l'œil qui perçoit le message visuel et le transmet au cerveau influent également sur la perception de la couleur. Si nous considérons un observateur normal dont les yeux sont sensibles aux trois couleurs fondamentales (rouge, vert et bleu). Certaines personnes sont cependant atteintes d'anomalies qui altèrent et faussent la vision des couleurs. C'est le célèbre chimiste Dalton qui a découvert et étudiées anomalies d'où le nom de « daltoniens » donné aux sujets les plus marqués. On distingue par l'ordre de gravité croissante [19].

-le trichromatisme anormal : la sensibilité aux trois couleurs est conservée, mais la courbe spectrale de l'œil s'écarte sensiblement de la moyenne. C'est souvent vers les couleurs rouge et orangée que se manifestent les déficiences

- ✓ le dichromatisme : le sujet ne voit plus deux des trois couleurs fondamentales il ne possède que deux types de cônes et présente une cécité totale soit au vert, soit au rouge.
- ✓ l'achromatisme : le sujet ne perçoit le monde qu'en noir et blanc, ce cas est cependant extrêmement rare.

La première initiative majeure permettant de résoudre le problème fut, en 1931, l'adoption par la commission internationale de l'Eclairage(CIE) de diagrammes normalisés spécifiant la manière dont la distribution de l'énergie spectrale (DES)de n'importe quelle couleur visible pouvait être traduite en une série de valeurs chiffrées « égalisant »les stimuli visuels ressentis par un observateur [19].

2.2.6.1 Attributs de la couleur

La vision d'une couleur est liée à trois sensations distinctes traduites par des grandeurs subjectives qui sont au nombre de trois (Teinte, Saturation « ou pureté » et la Luminosité « ou intensité ») ces trois grandeurs permettent de désigner n'importe quelle couleur.

- **Teinte**

la teinte est caractéristique que notre éducation nous fait exprimer dans le langage courant par les adjectifs tel que rouge, jaune, bleuelle est déterminée en colorimétrie par la longueur d'onde dominante de la couleur considérée.[6]

- **Saturation**

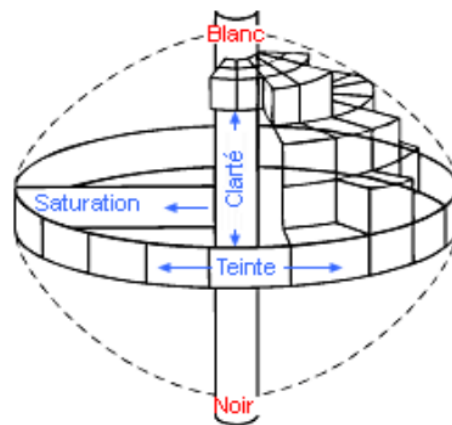
La saturation est l'intensité d'une teinte, directement liée à la pureté de la radiation dit qu'une couleur pure a un facteur de pureté égal à un quand elle ne comporte aucune trace de lumière blanche ; elle est saturée à son maximum. Une couleur qui contient un taux relativement élevé de lumière blanche est dite « désaturée »ou « délavée » ; c'est le cas des teintes pastel. Le facteur de pureté caractérise donc le mélange d'une couleur avec du blanc.

Par exemple, rouge vif très saturé deviendra de plus en plus rose au fur et à mesure qu'on lui ajoutera du blanc.

- **Luminosité**

La luminosité qualifie l'impression d'intensité ou de brillance d'une lumière, que l'on exprime par les adjectifs « clair » ou « foncé ». La luminosité est liée à la sensibilité de celui-ci en fonction de la longueur d'onde.

Une couleur peut être vive (claire et saturée), pâle (claire et désaturée), profonde (foncée et saturée) ou bien rabattue (foncée et désaturée).



37 Figure .teint saturatoin luminosité

2.2.6.2 Les filtres

Un filtre est un corps transparent généralement constitué de verre teinté ou de feuille de gélatine. Il absorbe une partie de la lumière qui frappe et laisse passer l'autre partie. On distingue deux catégories de filtres : les « neutres » et les « colorés ».

Un filtre neutre absorbe la même proportion de toutes les composantes de la lumière incidente. Après avoir traversé ce filtre, le faisceau lumineux perd en intensité mais conserve sa composition spectrale, donc sa teinte.

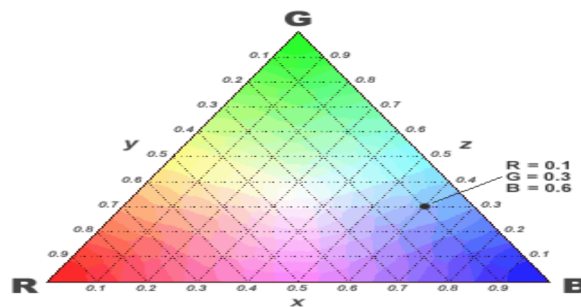
Un filtre coloré modifie les proportions relatives des composantes de la lumière, interceptant certaines radiations et en laissant passer d'autres. Par exemple, un filtre rouge

absorbe presque toutes les radiations autres que celles correspondant aux longueurs d'onde du rouge. Si l'on projette sur ce filtre rouge une lumière exempte de rouge, aucune lumière ne doit théoriquement le traverser. On retiendra qu'un filtre coloré éclaircit sa couleur et les couleurs voisines, et assombrit sa couleur complémentaire [19].

2.2.6.3 La trichromie

Fondée sur les travaux de Young et de Maxwell, la **trichromie** ou théorie trichromatique de la couleur rassemble en une seule théorie les principes de la synthèse additive et la synthèse soustractive et prédit que trois couleurs suffisent à créer toutes les autres. Ce système, qui découle du principe de la vision humaine, est donc basé sur trois couleurs fondamentales.

La représentation classique du modèle trichromatique s'appuie sur le cercle chromatique qui peut revêtir des aspects relativement différents selon l'espace colorimétrique qu'il désigne [19].



38 Figure Maxwell

2.2.6.4 Les primaires de la CIE

Une expérience classique montre qu'il est possible d'égaliser tous les couleurs du spectre visible par un mélange additif. Ces couleurs primaires, qui sont normalisées par la commission internationale de l'éclairage (CIE) pour former un système R, V, B de référence sur la base des radiations monochromatiques suivantes ;

Rouge : 700.0nm- vert : 546.1nm- bleu : 435.8nm

Chacun de ces radiations est ajustée de manière que la somme des trois produise visuellement une lumière blanche. La radiation rouge est obtenue avec une lampe à

incandescence et un filtre rouge normalisé, les radiations verte et bleue correspondent respectivement à la raie verte et à la raie bleue de l'arc au mercure [19].

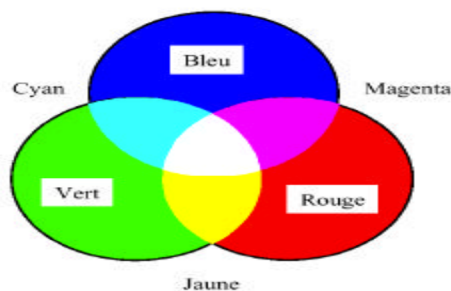
2.2.6.5 La synthèse des couleurs

La synthèse des couleurs consiste à reproduire l'ensemble des couleurs visibles à partir d'un petit nombre de couleurs, appelées couleurs primaires. Le but est de créer un rayonnement lumineux produisant la même couleur perçue que la couleur d'origine, sans reconstruire son spectre complet. On utilise soit des sources lumineuses, soit des pigments colorés. La synthèse additive est la construction des couleurs par addition de sources lumineuses. Plus on ajoute des composantes lumineuses, plus la couleur obtenue est claire. La synthèse additive se traduit par l'équation chromatique suivante

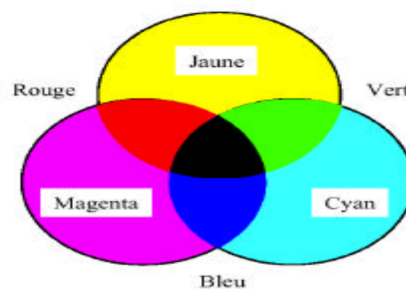
$$\mathbf{C} = \mathbf{r}(\mathbf{R}) + \mathbf{v}(\mathbf{V}) + \mathbf{b}(\mathbf{B})$$

L'absence de lumière ($R=V=B=0$) donne le noir. La somme des 3 couleurs primaires $R+V+B$ donne le blanc. La synthèse soustractive est la construction des couleurs à partir de pigments colorés. Plus on ajoute de pigments colorés, plus la lumière n'est absorbée et la couleur obtenue est sombre. Les 3 couleurs primaires de la synthèse soustractive sont le Cyan (C), le Magenta (M) et le Jaune (J). Chacune absorbe une des couleurs primaires de la lumière. Le Cyan absorbe le Rouge, le Magenta absorbe le Vert et le Jaune absorbe le Bleu. L'absence de pigment donne le blanc [16].

La somme des 3 primaires $C+M+J$ donne le noir.



39 Figure) : Synthèse additive



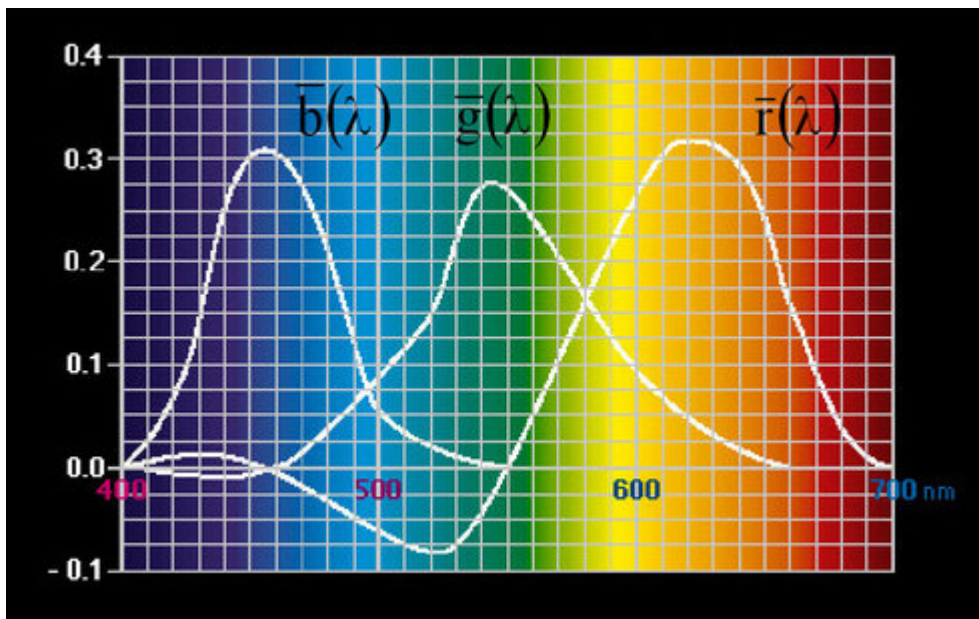
40 Figure : synthèse soustractive

2.2.6.6 Les composantes trichromatiques

La courbe tracées sur la figure (1.8) représentent les quantités (r,v,b) de chaque primaire (R,v,B) nécessaires à la égalisation de chacune des radiations monochromatiques du spectre visible. Ces coefficients (r, v, b) sont appelés « coefficients trichromatiques » [19] .

La trichromie présente trois intérêts majeurs. Elle permet de :

- ✓ repérer simplement et de façon universelle une couleur donnée au moyen de trois valeurs qui sont ses composantes trichromatiques ;
- ✓ définir les trois composantes trichromatiques d'une lumière dont on connaît la composition spectrale, de manière à en déduire sa teinte, sa saturation et sa luminance ;
- ✓ déterminer par avance au moyen d'un calcul la couleur qui résultera du mélange de plusieurs autres couleurs.



41 Figure : Fonctions colorimétriques RGB

2.2.7. Espaces de couleur

La compréhension de la perception de la couleur est une problématique complexe, en constante évolution, à la frontière de plusieurs disciplines. Pour la discipline STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication), la manipulation des couleurs passe tout d'abord par le choix d'une espace paramétrique permettant différentes représentations de couleurs. Cet espace peut s'appuyer sur des grandeurs physiques, Physiologiques, mathématiques [19]. L'espace RVB est, par exemple, utilisé dans le domaine de l'informatique et du multimédia tandis que l'espace CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black), le complémentaire de l'espace RGB, est utilisé en imprimerie pour des raisons pratiques [6]. La vision de la couleur par l'œil humain [6] est en effet un phénomène complexe et partiellement connu, faisant intervenir des millions de cellules (cônes) disposées sur la rétine, et connectées grâce au nerf optique à des milliers de neurones constituant le cortex visuel [19]. Beaucoup de modèles se basant sur la perception de la couleur par l'œil humain ont été développés, notamment par la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). L'espace CIE-XYZ, par exemple, a été élaboré en mesurant un ensemble de statistiques sur un très grand nombre de personnes. Ainsi à chaque couleur perçue correspond une coordonnée dans l'espace XYZ.

L'espace TSL (ou HSV en langue anglaise) et ses variantes (HSL (Luminance), HSI (Intensité)) sont basés sur la perception physiologique de la couleur par l'œil humain, en introduisant des notions de Teinte ("Hue"), Saturation ("Saturation") et de Luminance ou intensité ("Value").

De nombreux travaux ont été menés pour mettre au point de nouveaux espaces de représentation des couleurs pour des utilisations et des contraintes bien particulières, notamment dans le domaine de la vidéo de la robotique, de la synthèse d'image et de la reconnaissance d'objets [19].

2.2.7.1 L'espace RVB

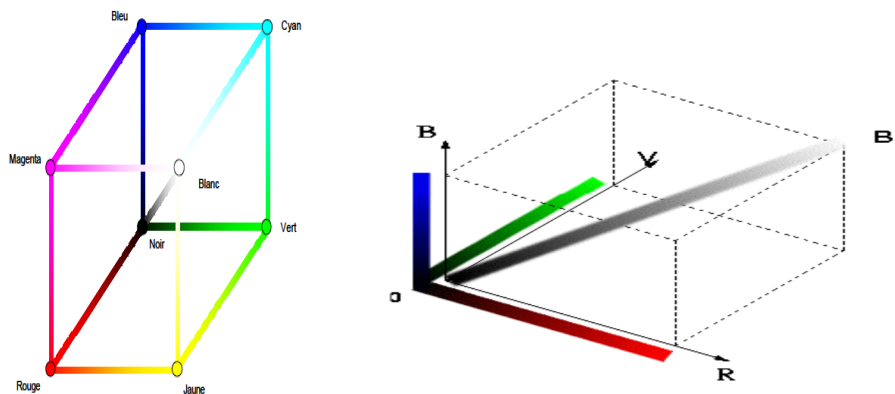
L'espace de couleurs RVB demeure le plus répandu. En effet, il est implémenté dans la plupart des outils matériels de visualisation (écran, vidéo projection...). Dans cet espace, un pixel est codé par trois composantes *Rouge*, *Vert* et *Bleu*, de valeurs à l'intérieur d'une unité. Cet espace a été développé en fonction des connaissances liées à la vision humaine, les cônes étant plus sensibles à ces trois couleurs. Ce modèle est additif, ce qui signifie que

toutes les couleurs sont déduites à partir du noir ($R = V = B = 0$) en ajoutant plus ou moins certaines composantes. Dans cet espace, chaque composante est donc définie par une valeur entre 0 et 1 (ou entre 0 et 255 selon le standard) [6], par exemple :

(0,0, 0) = noir
(1,1 ,1) = blanc
(1,0 ,0) = rouge
(0,1 ,0) = vert
(0,0, 1) = bleu
(0,1 ,1) = cyan
(1,0, 1) = magenta
(1,1 ,0) = jaune

Tableau (2.1)

De ce fait elles doivent être normalisées de la même façon, ce qui est quelquefois contraignant. Le principal inconvénient de ce modèle réside dans la manipulation même des couleurs. En effet, si on veut augmenter la luminosité d'une couleur, il faut incrémenter Proportionnellement chaque composante étant donnée la corrélation entre les plans R, V et B. Ces contraintes font du modèle additif des couleurs (RVB), un espace de couleurs peu approprié à la représentation d'images multi composantes sous la forme d'une image de couleurs. Il s'avère donc préférable pour nos opérations sur les observations astronomiques multi bandes, d'utiliser le modèle psycho visuel TSL basé sur la perception de la couleur par l'œil [18].



42 Figure repercentatoin de l'espace RVB

En ce qui est de la figure (10) que le Noir (0,0,0) est situé à l'origine du repère. Les couleurs primaires sont situées sur les 3 axes à la distance 1.

2.2.7.2 L'espace XYZ

L'espace CIE-XYZ a été créé et en 1931 par la CIE, à partir de mesures sur de nombreuses personnes ("l'œil moyen"). Les 3 primaires X, Y, Z sont définies comme une combinaison linéaire des 3 primaires monochromatiques R, V, B normalisées par la CIE.

$$X = 2.77R + 1.75V + 1.13B$$

$$Y = R + 4.59V + 0.06B$$

$$Z = 0.05V + 5.59B$$

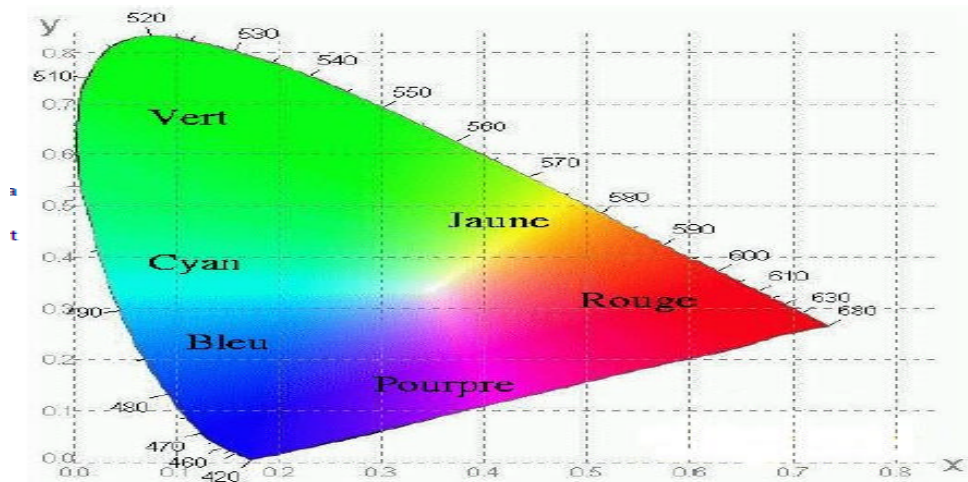
Ces nouvelles primaires X, Y, Z sont dites « irréelles », car elles ne correspondent à aucune lumière que l'on peut produire. Dans la pratique, il a été convenu d'effectuer un changement d'échelle et d'utiliser les coefficients trichromatiques réduits x, y, z vérifiant la relation $X + Y + Z = 1$

La connaissance de seulement deux de ces coefficients permet d'en déduire le troisième :

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} ; \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} ; \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

La calcul de x, y, z pour chaque couleur spectrale conduit aux trois nouvelles courbes de la figure ((1.12), dont on remarque immédiatement qu'elles ne présentent aucun lobe négatif [14].

La CIE a défini un espace des couleurs x, y qui présente deux avantages fondamentaux par rapport à l'espace RVB : élimination des coordonnées négatives et séparation de la luminance et de la chrominance.



43Figure Le diagramme de chromaticité x, y avec les lieux des principales couleur

2.2.7.3 L'espace TSL (/HSV*-HLS*)

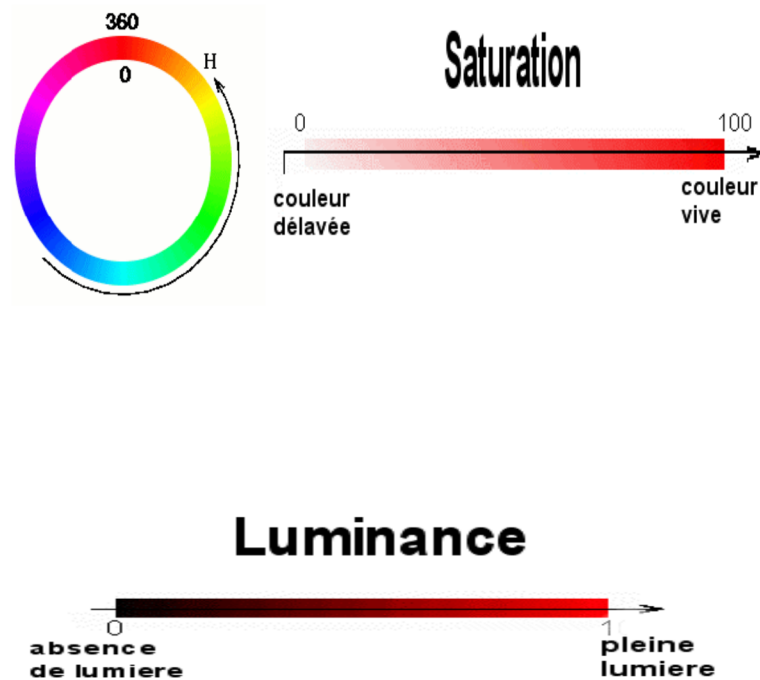
TLS (Teinte, Luminance, Saturation) ou HSV (Hue, Saturation, Value) ou HLS (Hue, Luminance, Saturation).

L'espace colorimétrique TSL (Teinte, Saturation, Luminance) a été développé pour réaliser une manipulation intuitive des couleurs et permettre une sélection manuelle facile dans les applications interactives de type PAO. Il permet de décomposer une couleur en trois critères physiologiques

- la teinte qui correspond à la perception de la couleur, $0 \leq T \leq 360$
- la saturation qui correspond à la pureté de la couleur (vif ou terne), $0 \leq S \leq 1$
- la luminance correspondant à la quantité de lumière de la couleur (clair ou sombre), $0 \leq L \leq 1$

Le modèle de couleurs TSL est utilisé pour la manipulation de la teinte et de la saturation car il permet de modifier directement ces valeurs (contrairement au modèle RVB). Les trois composantes TSL définissent un cône représenté dans la fig. 1a où l'ensemble des couleurs représentables y est également synthétisé (fig. 2.b). Le principal avantage de cet espace est

que chacune de ses composantes est reliée à une grandeur physique facilement interprétable visuellement. Ainsi augmenter la luminosité d'une couleur se fera uniquement en augmentant la composante L. Cette propriété permet de s'affranchir de la corrélation entre la teinte, la luminance et la saturation et offre ainsi un contrôle plus souple dans la manipulation des couleurs. Ce sont les raisons pour lesquelles l'espace de représentation des couleurs TSL a été retenu [6].



44 Figure l'espace TSL

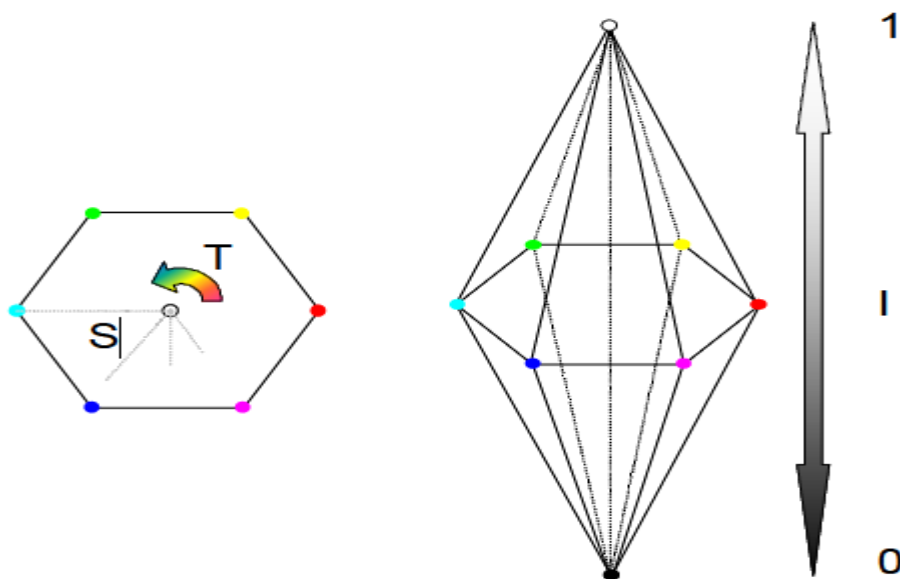
2.2.8 Les systèmes de couleur

La recherche de moyens pour désigner les couleurs dans le domaine de l'infographie a permis la définition de quelques modèles de représentation des couleurs. Les modèles RVB, CMJ, et YIQ font l'objet du paragraphe ci-après. Ils constituent une approche orientée vers le matériel et sont faciles à implanter sur une machine. Par contre, ils ne sont pas d'une

utilisation très simple, car ils ne correspondent pas à l'intuition des couleurs du système œil-cerveau de l'homme. D'autres modèles sont basés sur la perception subjective. Ils ont été introduits pour modéliser les qualités intuitives ou psychophysiologiques des couleurs. Si on ne dispose que d'un nombre limité de couleurs, l'usage des termes du vocabulaire courant suffit pour désigner celles-ci. Ainsi, un système baptisé CNS (Colore Naming System) a été introduit en 1986 par Kaufman pour spécifier les couleurs [29]. Basé sur la langue anglaise, il permet de décrire les couleurs avec des règles syntaxiques strictes. Cependant, comme sur les machines actuelles on peut disposer de plusieurs millions de couleurs, on utilise la plupart du temps des systèmes numériques. Deux d'entre eux, les systèmes TSI et TSL, sont présentés ici

2.2.8.1 Le modèle TSL (Teinte, Saturation, Luminance)

Ce modèle, dû à Smith en 1978, est fondé sur l'expérience intuitive de la perception de la couleur et utilise des notions de teinte, saturation et luminance. Il est défini par un espace en forme d'hexagone (Figure 1.17) dont l'axe de symétrie est l'axe de la luminance. La base de l'hexagone correspond à $L=1$ et contient donc toutes les couleurs d'intensité maximale. La teinte T est mesurée par l'angle, en degrés, autour de l'axe vertical duquel il faut tourner, le rouge étant à 0° , pour atteindre la couleur spécifiée. Enfin, la saturation varie de 0 à 1, de l'axe du cône aux côtés de l'hexagone [6].

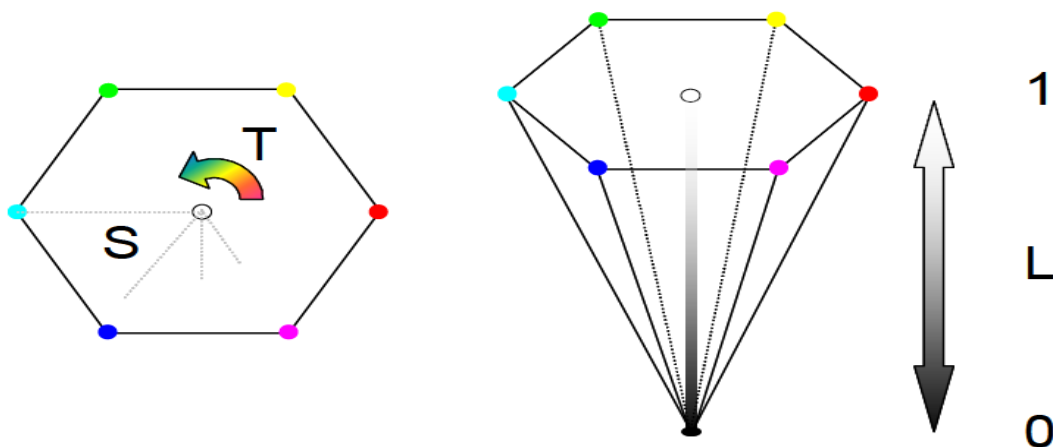


45 Figure) : Le système de couleurs TSL

Les valeurs intermédiaires de l'axe représentent les niveaux de gris. Le plan supérieur du cône correspond à ce que l'on voit en regardant le cube RVB suivant la direction de la diagonale principale, le blanc étant visible [16].

2.2.8.2 Le modèle TSI (Teinte, saturation Intensité)

Ce modèle, basé sur les travaux d'Ostwald, forme un sous-espace en forme de double-cône (Figure 1.16). La teinte est définie par l'angle autour de l'axe vertical du double-cône. Les couleurs apparaissent dans l'ordre rouge, jaune, vert, cyan, bleu et magenta. La saturation est mesurée radialement à partir de l'axe et varie de 0 à 1. L'intensité varie de 0 (noir) à 1 (blanc).



46 Figure 1.16 : Le modèle TSI

- ✓ Il s'agit de quantités utilisées dans différents modèles, en particulier les modèles TSL et TSV qui nous intéressent ici.
- ✓ Teinte. La teinte T est un angle $\theta \in [0; 360]$ exprimé en degrés. Il représente la « couleur » de la couleur (!) et correspond à un point sur la roue des couleurs. On s'attend évidemment à ce que les gris n'aient pas de teinte bien définie... Par

conséquent, la Teinte ne sera pas déniée sur l'axe des gris. La formule de conversion(R; G; B) ->T diffère suivant les sources. Il s'agit Essentiellement comme on l'a vu, de paramétrer par un angle l'hexagone de la roue des couleurs du cube Les quantités suivantes seront utilisées

$$M = \max(R; G; B)$$

Et

$$m = \min(R; G; B)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T = 60 \frac{G-B}{M-m} \text{ si } M \\ T = 120 + 60 \frac{G-B}{M-m} \text{ si } M=G \\ T = 240 + 60 \frac{G-B}{M-m} \text{ si } M=B \end{array} \right. \dots (1)$$

- ✓ Saturation. La saturation S est une quantité qui exprime le "contraste de couleur" d'une couleur. Elle est comprise entre 0 (dé saturation totale) et 1 (saturation totale), ou bien entre 0 et 100 en multipliant par 100 (et on la voit alors comme un pourcentage de saturation). Même si la formule (R; G;B) →S est direct selon les modèles, il faut penser à S comme à une mesure radiale. Les grisets eux seuls seront les couleurs totalement dessatures. Ce sont les couleurs pour lesquelles les trois composantes RGB sont identiques. On peut donc s'attendre à ce que la Saturation d'une couleur prenne en compte la décence entre ses composantes RGB, et c'est bien le cas dans les formules | mais cela peut se faire de façons différent [17].

2.3. Luminosité, Valeur, etc... Cette quantité exprime la "clarté" des couleurs. Elle dépend explicitement des modèles en ce sens que son nom change suivant le modèle (alors que la saturation, elle, a toujours le même nom même si sa formule diffère). Elle est comprise entre

0 et 1, ou bien entre 0 et 100 en multipliant par 100. En pratique, cette grandeur s'obtient en faisant une "moyenne" des composantes RGB d'une couleur

Formules. Un consensus semble se dégager autour de la Valeur

$$V = M = \max(R; G; B)$$

Qui ne prend donc en compte que la plus grande des composantes R; G; B.

Pour la saturation, deux variantes sont possibles

:

$$S = \frac{M-m}{M} \text{ (Modèle cylindrique)}$$

Ou

$$S = M - m \text{ (Modèle conique)}$$

En anglais : HSL (L = Luminosité) On prend :

$$L = \frac{M+m}{2} \in [0, 1]$$

$$S = (M - m) / 2L \text{ si } L \leq 0.5$$

Sinon

$$S = (M - m) / (2 - 2L)$$

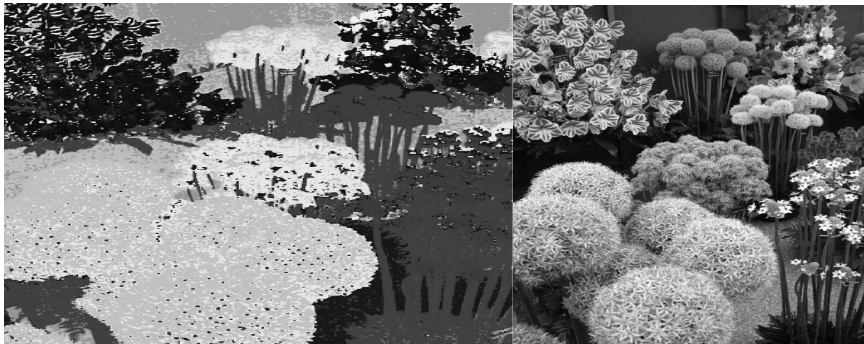
Couleur	R	V	B	H	L	S	H	S	V
Noir	0	0	0	-	0	0	-	0	0
Blanc	255	255	255	-	1	0	-	0	1
Gris	G	G	g	-	0...1	0	-	0	0 1
Rouge	255	0	0	0	0.5	1	-	1	1
Jaune	255	255	0	60°	0.5	1	60°	1	1

TABLEAU (1.2) spécifications des couleurs, modèles RVB, HLS ET TSL



47 figure(19)

B Composante saturation



48Figure C Composante teinte Figure(21)d Composante valeur

2. 3 Conclusion

Ce chapitre expose les notions de base de la colorimétrie, passage obligé entre le monde réel et celui des systèmes de reproduction d'images. Après un rappel indispensable de quelques généralités sur la nature de la lumière et la principe de la vision humaine, nous nous sommes focalisé sur les propriétés de trichromie et sur les différents espaces géométriques permettant de la placer les couleurs. Enfin nous avons présenté le modèle TSL.

Chapitre III. Tests et résultats

3.1 Introduction

Ce chapitre présente tout d'abord la partie logicielle et matérielle utilisée pour le développement de ce projet, ensuite la partie test et résultats expérimentaux.

3.2 Environnement de développement

Dans cette chapitre, nous présenterons l'environnement matériel et logiciel de notre travail

3.3 Environnement matériel

Afin de mener à bien ce projet, il a été mis à notre disposition un ensemble de matériels dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Un micro- ordinateur Dell avec les caractéristiques suivantes :
- Processeur: Intel(R) Core(TM) i5-6200U CPU @ 2.30GHz 2.40GHz
- -Memoir installée (**RAM**): 8, 00go
- Carte graphique : AMD Radeon (TM) R5 M335
: Intel(R) HD Graphics 520
- Systems: Windows 8.1
- Une Camera :HD.

3.4 Environnement logiciel

De ce fait, le traitement d'images est l'ensemble des méthodes et techniques opérant sur celles-ci, dans le but de rendre cette opération possible, plus simple, plus efficace et plus agréable, d'améliorer l'aspect visuel de l'image et d'en extraire des informations jugées pertinentes. Dans ce cadre s'inscrit ce projet qui porte sur le développement d'une application permettant d'intégrer sous une seule interface graphique des outils de traitement et de manipulation d'images. Cette application sera développée sous Matlab à l'aide du toolbox GUID.

✓ Réalisation d'une interface graphique sous la boîte à outil GUIDE de Matlab

- **Pourquoi a-t-on choisi Matlab ?**

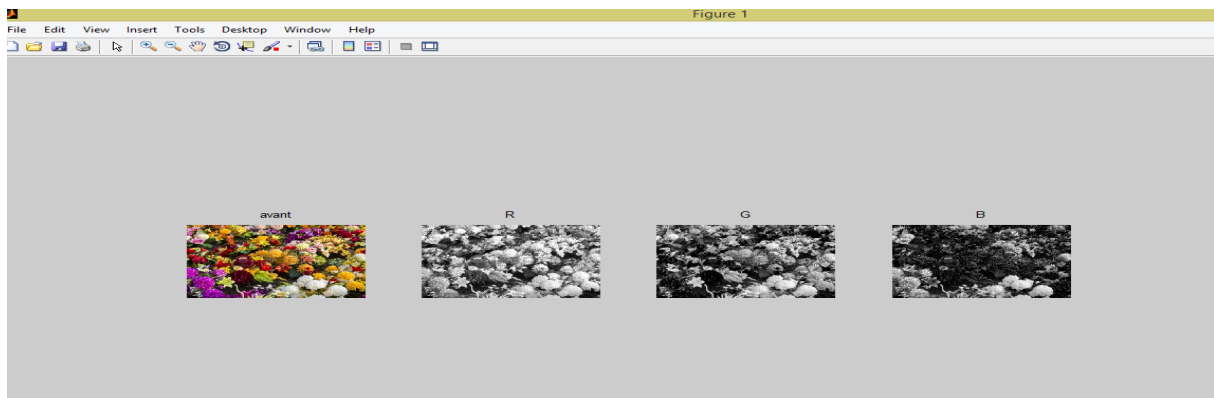
MATLAB permet le travail interactif soit en mode commande, soit en mode programmation, tout en ayant toujours la possibilité de faire des visualisations graphiques. Il possède les particularités suivantes :

- ✓ Puissance de calcul
- ✓ la continuité parmi les valeurs entières, réelles et complexes.
- ✓ l'étendue de gamme des nombres et leurs précisions.
- ✓ la compréhension de la bibliothèque mathématique.
- ✓ l'inclusion des fonctions d'interface graphique et des utilitaires dans l'outil graphique.

3.5 Changement de format de l'image sous Matlab :

L'œil humain possède des récepteurs pour les trois couleurs primaires rouge, vert et bleu. Ainsi, tous les espaces couleur ont trois dimensions. Il ya plusieurs espaces de couleurs disponibles, les plus connus étant RVB (Rouge-Vert-Bleu), HSV (Hue-Saturation-Valeur)

Conversion en intensité RGB



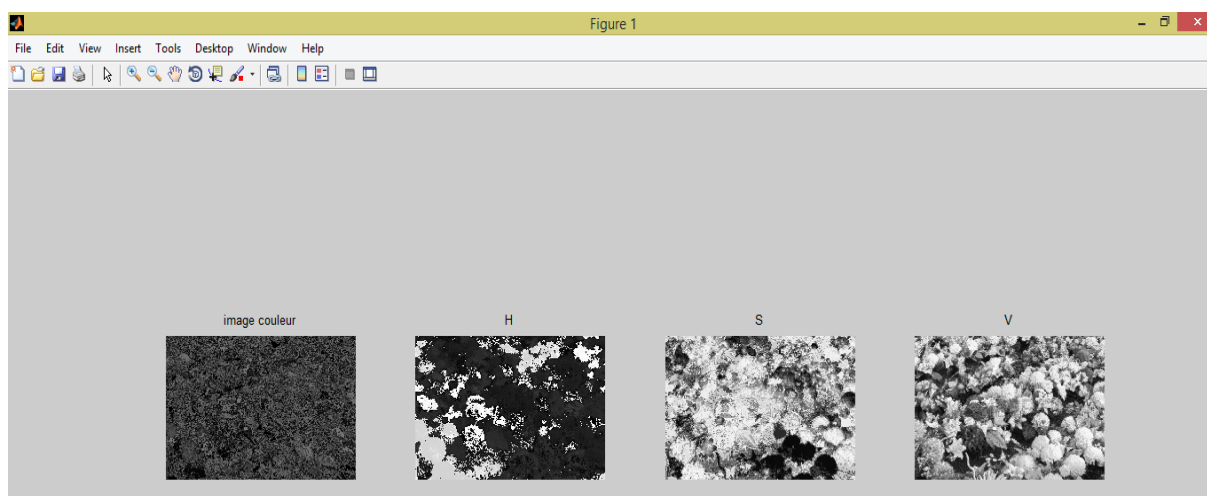
49 Figure : Résultats de la conversion en RGB

- **Conversion avec la représentation HSV**

HSV est un terme anglais qui signifie (*hue, saturation, value*) ou encore en français TSV (teinte, saturation, valeur). Il s'agit d'un espace colorimétrique, défini en fonction de ses trois composantes :

On code la teinte suivant l'angle qui lui correspond sur le *cercle des couleurs* (0° ou 360° : rouge 60° : jaune ;120° : vert ;180° : cyan ;240° : bleu ;300° ...). La saturation est l'intensité de la couleur et elle varie entre 0 et 100 %. Plus la saturation d'une couleur est faible, plus l'image sera « grisée » et plus elle apparaîtra fade, il est courant de définir la « désaturation » comme l'inverse de la saturation. Enfin la valeur est la « brillance » de la couleur et elle varie entre 0 et 100%. Plus la valeur d'une couleur est faible, plus la couleur est sombre.

Le modèle TSV a été créé en 1978 par Alvy Ray Smith. C'est une transformation non-linéaire de l'espace de couleur RVB, et peut être utilisé en progression colérique.

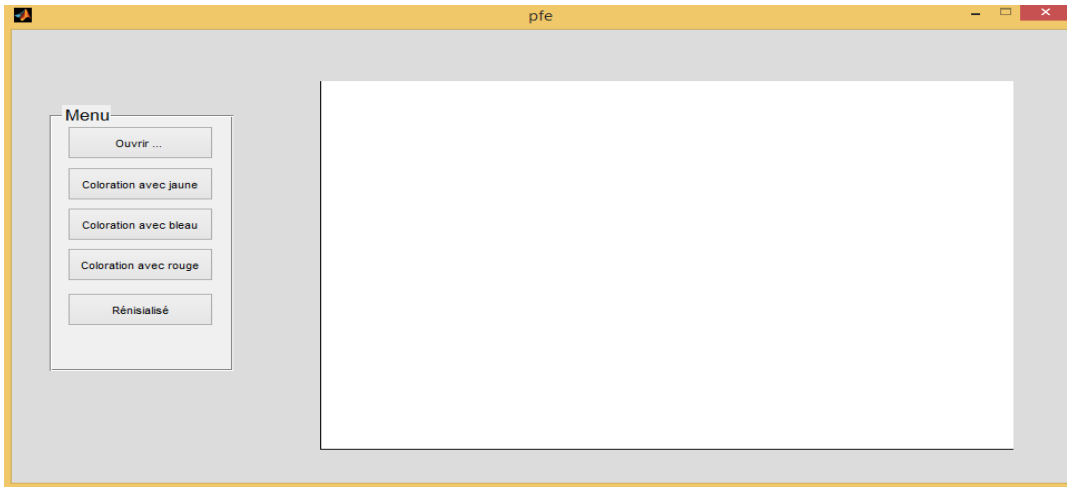


50Figure : Résultats de la conversion en HSV

3.6 Coloration dans l'espace TSL

- ✓ Interfaces de l'application

Cette interface graphique représentée menu principal de l'application que nous avons développée dans ce projet

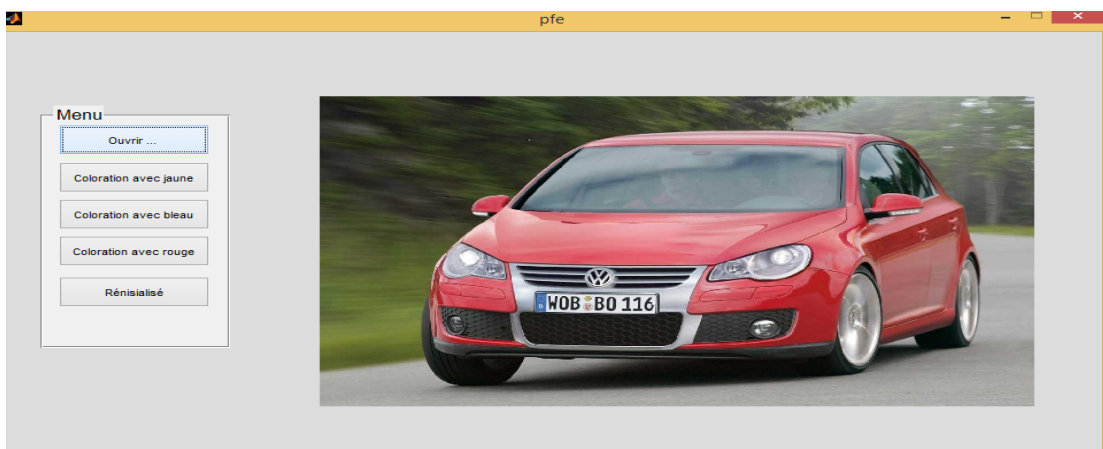


51 Figure Interface de l'application

- Le travail que nous avons développé dans la cadre de ce projet, consiste à faire une colorisations d'images et vidéo dans l'espace TSL en se basant sur les différentes étapes Les résultats de ces étapes sont comme suit :

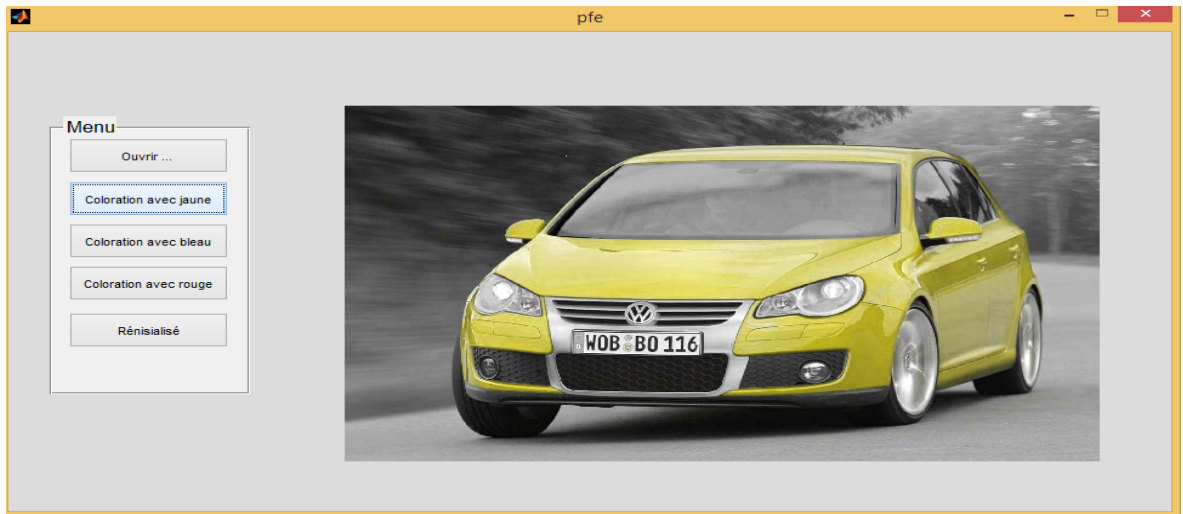
1^{er} partie nous avons utilisé des images fixe Nous ciblons une teinte bien précise, dans notre cas la couleur rouge par exemple. Cette teinte ou couleur est remplacée par une autre couleur différente. La teinte ciblée peut être de n'importe couleur .En utilisant l'interface de l'applications matlab (gui) comme indiqué par la figure 3.4 .

Exemple (1).....



52 Figure image initial

- Affecter par exemple une couleur jaune ($T=0.156$) à la couleur ciblée rouge.



53 Figure image en jaun

- affecter par exemple une couleur bleu à la couleur ciblée rouge ($T=0.62$).

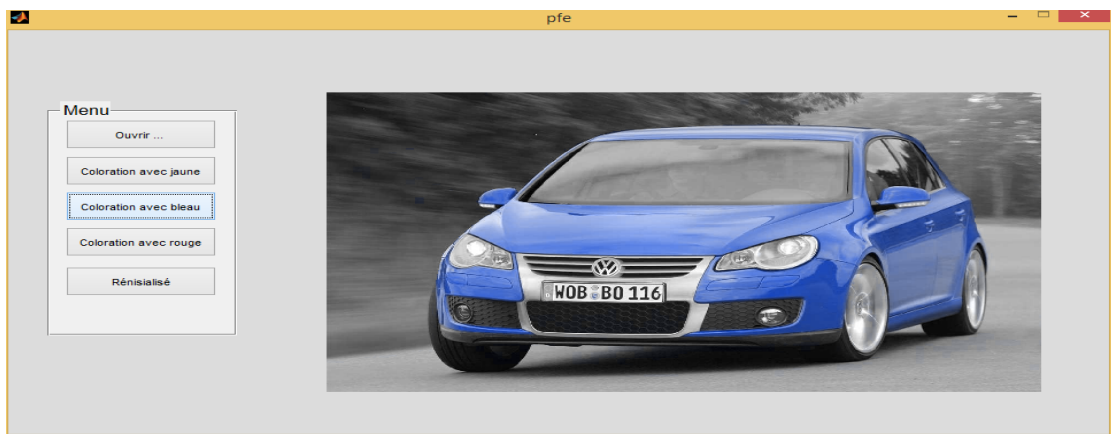
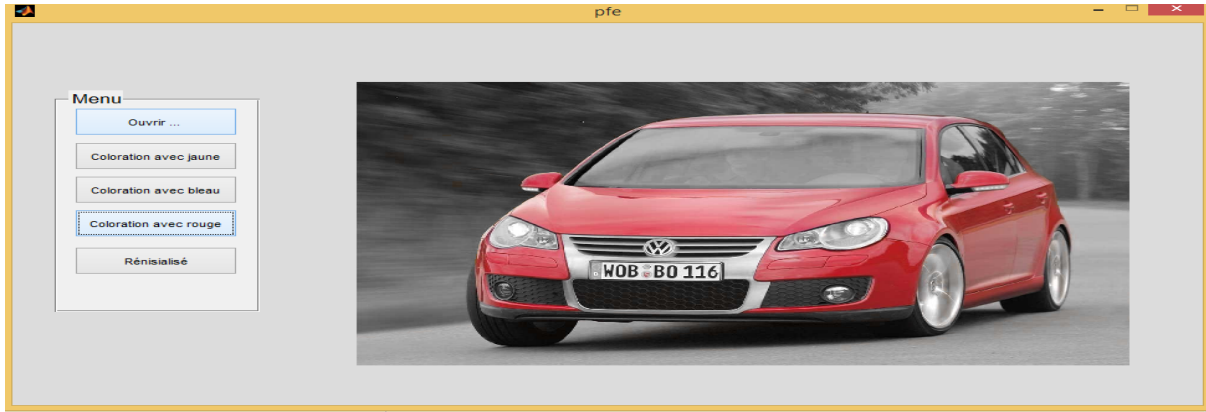


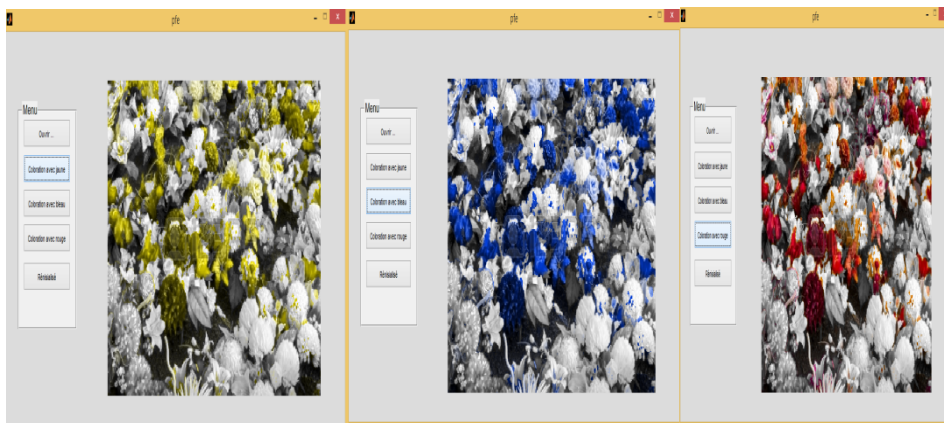
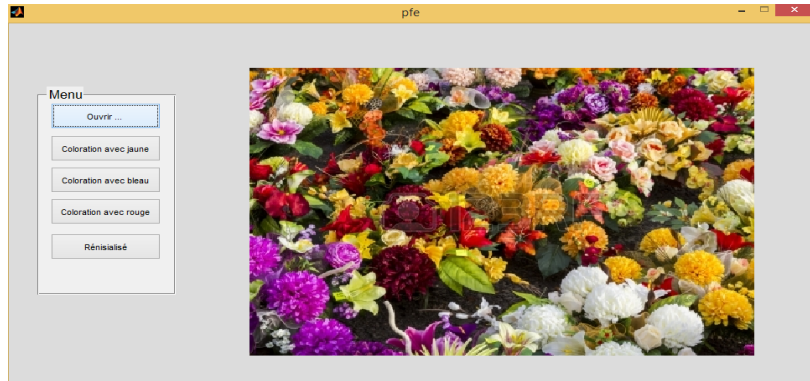
Figure (3.6)image en bleu

- affecter par exemple une couleur bleu à la couleur ciblée rouge ($T= \ll 0 \parallel 0.1 \gg$)



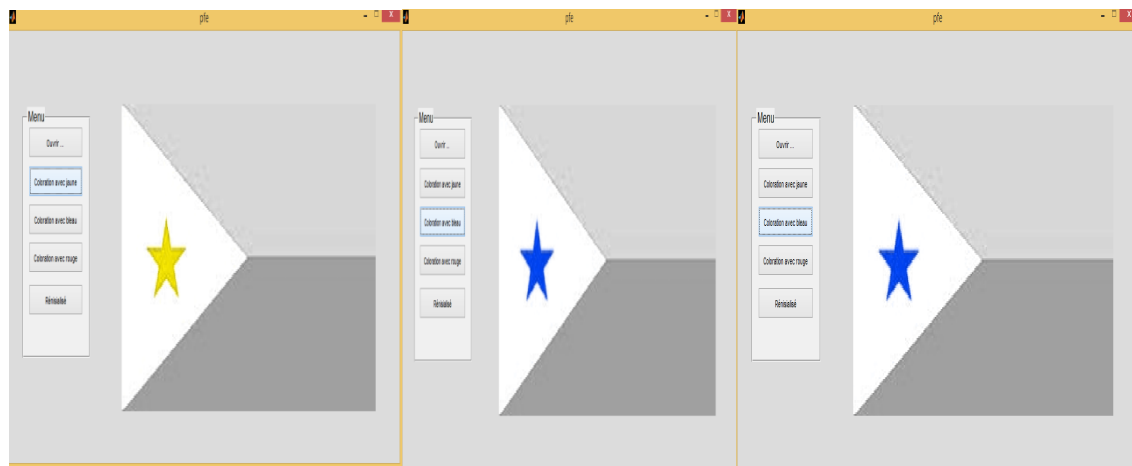
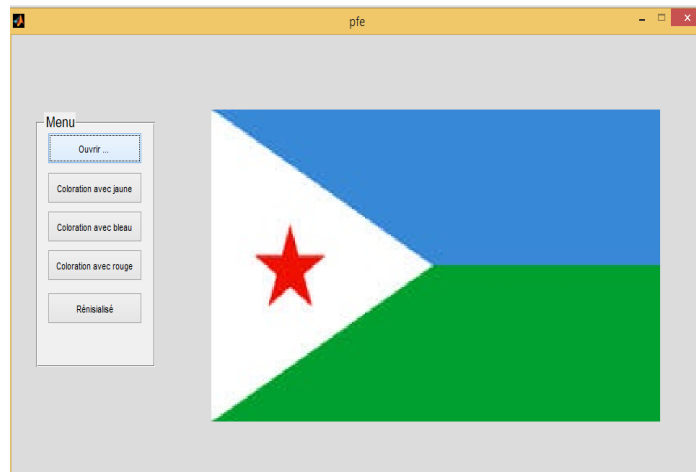
54 Figure image en rouge

Exemple(2)



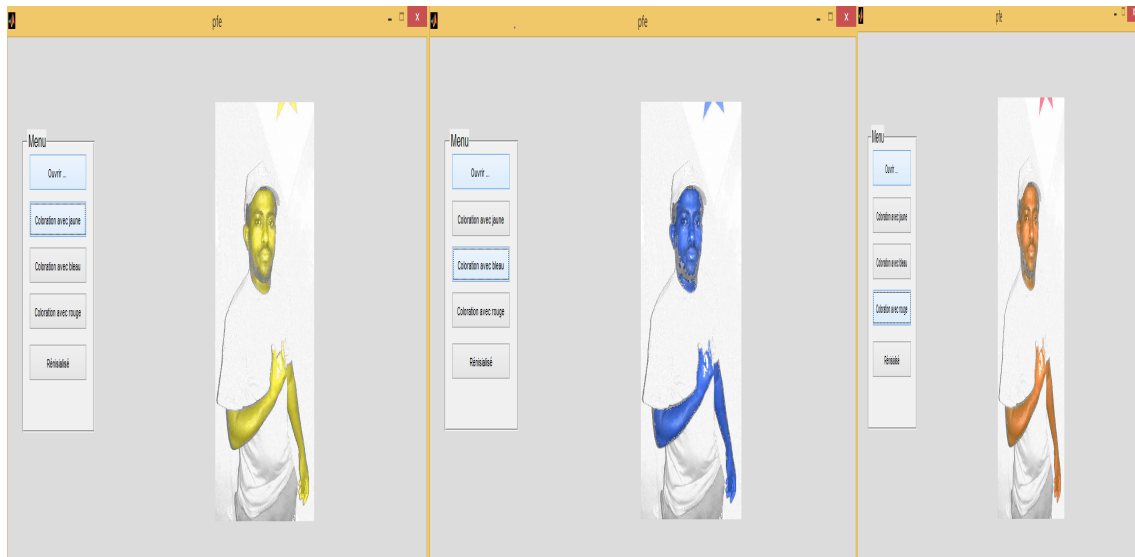
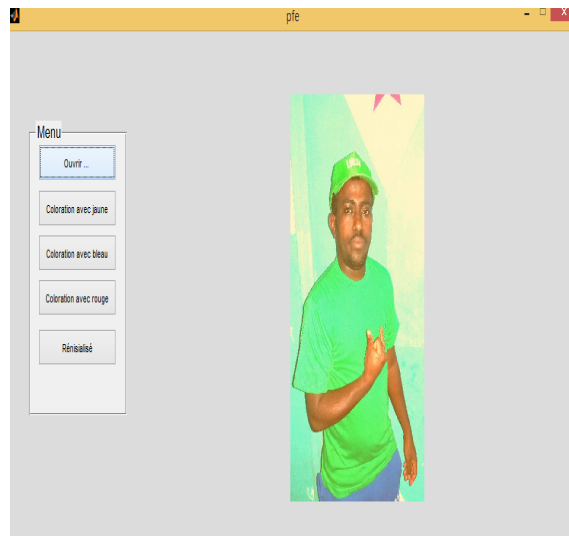
55 Figures 1, 2, 3 différent couleurs

Exemple (3)



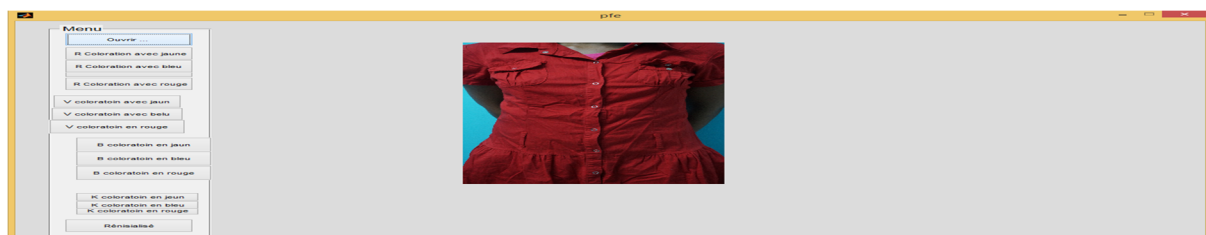
56 Figures 1, 2, 3 différent couleurs

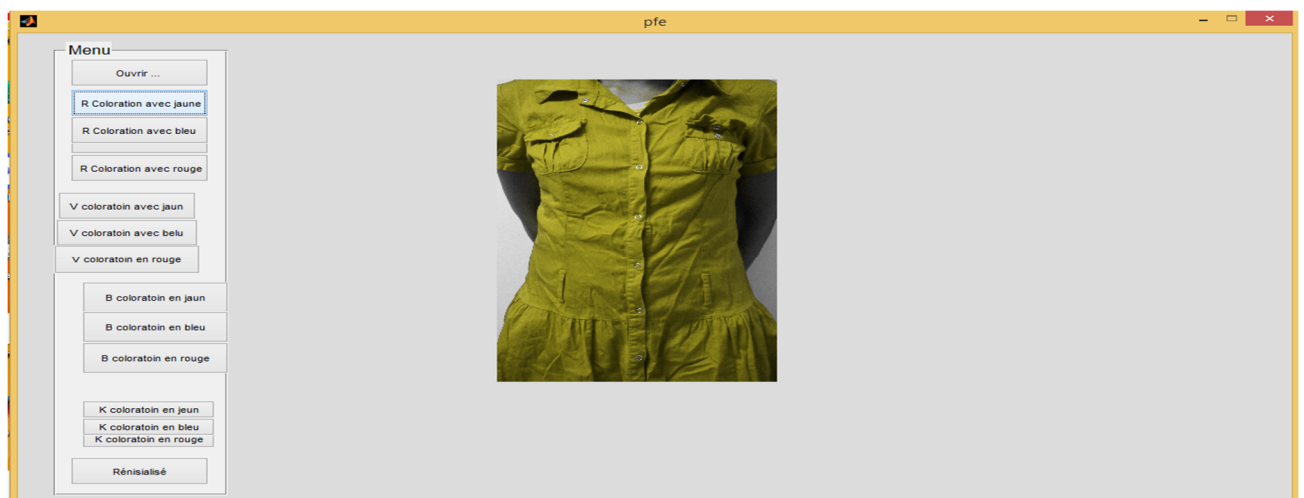
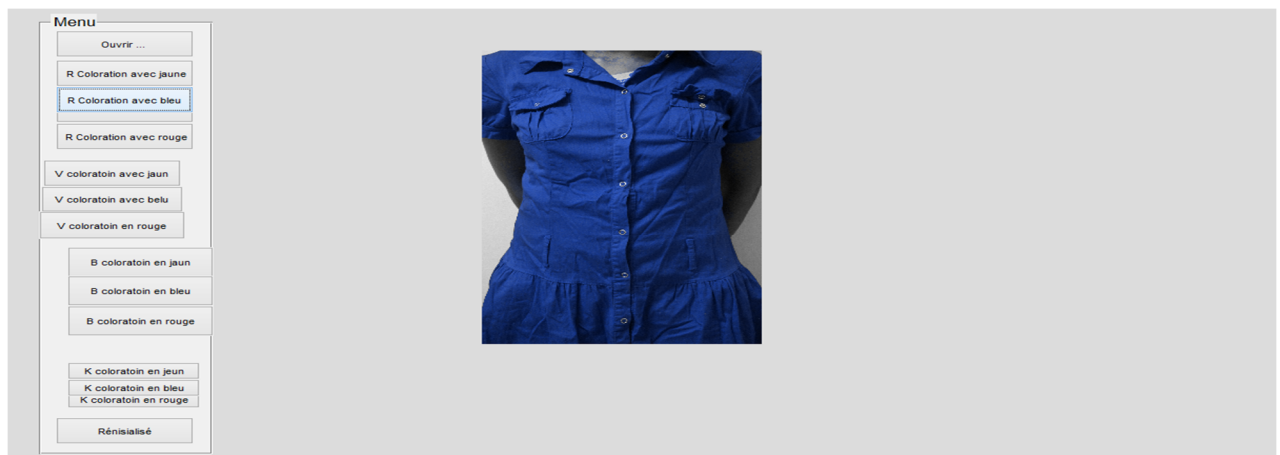
Exemple(4).....



57 Figures 1, 2, 3 différentes couleurs

Exemple(5)





58 58 Figures 1, 2, 3 différent couleurs

- 2eme partie nous avons essayé d'utiliser de filme à court métrage a la forme (avi.avi), longueur (00 .00 .26), fréquence d'image 25trames /s. Nous avons utilisé les étapes en remarque cette fois que la voiture rouge et les choses couleur en rouge seul qu'ils juste garder teinte.
- 3em partie nous voulions programme sur matlab que en peu colorer les gens en temps réel en utilisons la caméra d'ordinateur .Ce travail déroule les mêmes étapes (1^{ER} ,2^{ER}) selon il va enregistrements sur forme un vidéo « .avi ».

3.7 Conclusion

Tout au long de la période de notre travail nous avons appris que nous pouvons contrôler la couleur .C'est pour cela que le fabricant de yaourt à pris la peine de contrôler la couleur de l'emballage (et du yaourt) avant de le livrer à la commercialisation pour attirer leur attention.

Conclusion générale

67

Nous avons présenté dans ce mémoire une méthode de reconnaissance des colorisations d'images et vidéo dans l'espace TSL. Nous avons présenté en premier lieu des généralités sur le traitement d'images qui améliorer la qualité de l'image en vue de traitements ultérieurs. Ces prétraitements peuvent classiquement être composés en plusieurs grandes familles

- Les manipulations d'histogrammes dont le but est soit de mettre en relief telle ou telle partie de l'image soit d'augmenter la dynamique de celle-ci.
- Les opérations de filtrages (linéaires ou non) dont le but est de réduire le bruit présent dans l'image et usuellement assimilés à de hautes fréquences.
- Les rehaussements d'images dont le but est d'augmenter les contrastes entre les différentes régions de l'image.

En deuxième lieu, après un rappel indispensable de quelques généralités sur la nature de la lumière, les propriétés de la trichromie et sur les différents espaces géométriques permettant de placer les couleurs nous nous focaliserons sur l'espace TSL. En troisième lieu nous avons présenté l'application créée avec l'implémentation et les résultats des tests. Au cours de ce projet et à travers le travail fait, nous avons pu acquérir beaucoup de connaissances. Premièrement, nous avons utilisé les outils appris au cours de notre formation, des livres très intéressants comme le livre (les secrets de l'image vidéo) et enrichi nos connaissances. Nous avons beaucoup appris à utiliser le langage MATLAB R2012a et nous avons réalisé que la coloration d'images est un sujet très large.

Bibliographies

- [1] <https://developer.amazon.com/public/solutions/devices/fire-phone/docs/understanding-firefly>.
- [2] Delahaye Jean-Paul, « Mona Lisa au photomaton » — *Images des Mathématiques*, CNRS, 2013, <http://images.math.cnrs.fr/Mona-Lisa-au-photomaton.html>
- [3] Appendix A: The 'Centre de Morphologie Mathématique', an overview" by Jean Serra, in (Serra *et al.* (Eds.) 1994), pgs. 369-374.
- [4] Jean Serra, Ecole des Mines de Paris, 2000.
- [5] B. Gugger, des photos : première approche de Photofiltre lexique_images.odt - TICE CRDP Bourgogne, avril 2006.
- [6]livre de traitement numerquie d'image :Rachid maria ;Alain et Ursula Bouteveille Dunod,paris,2005 /ISBN2100055402
- [7] V.Wu and R. Manmatha. Document image clean-up and binarization. Proceedings of IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging, 3305 :263–273, 1998.
- [8] I. Bloch, Y. Gousseau et H. Maitre,Le traitement des images. Département TSI – Télécom-Paris.2004
- [9] W. Niblack. An introduction to digital image processing. Prentice Hall, July 1986.
- [10] M. Khouadjia, H. Khanfouf, and S. Meshoul. Une approche adaptative pour la segmentation d'images : Implémentation sur la plate-forme multi-agents netlogo
- [11] Sébastien THON. Imagerie Numérique Représentation et codage des images. Institut universitaire de technologie. Licence Pro. Marseille université. 2014
- [12] Yoann Sculo, Introduction au traitement d'images Détection de contours et segmentation. Université de technologie de Troyes.2009
- [13] Alain Filhol,Institut Laue-Langevin, BP 156, 38042 Grenoble Cedex 9
9 Nov. 2009
- [14]Site officiel (<http://www.pantone.com/>) ;
Nuancier PMS (Pantone® Matching System®) (<http://www.bargainprinting.com/pms/>)
- [15]**Tremeau, 1993] A. Tremeau.** "Contribution des modèles de la perception visuelle à l'analyse d'images couleur". Thèse de doctorat : Université Jean Monnet de Saint-Etienne, 1993, 197 p
- [16]**[Vandenbroucke, 2000] N. Vandenbroucke.** "Segmentation d'images couleur par classification de pixels dans des espaces d'attributs colorimétriques adaptés. Application à l'analyse d'images de football". Thèse de doctorat : Université de Lille 1, 2000. 236 p.

[17]G.Granland, M.Kocher and C.Horne, " Traitement numérique des images ", sous la direction de Murat Kunt, Press Polytechniques Universitaires Romande, Paris, CENT-ENST, 1993.

[18][Lezoray, 2000] O. Lezoray. "Segmentation d'images couleur par morphologie mathématique et classification de données par réseaux de neurones : application à la classification de cellules en cytologie des séreuses". Thèse de doctorat : Université de Caen, 2000. 194 p..

[19]livre les secrets de l'image vidéo par Philippe Bellaiche
Editoins Eyrolles Groupe Eyrolles ,2011 pour la nouvelle édition

[20]M.Kunt, " Traitement Numérique des Images ", Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Editeur scientifique et technique, Vol.2, 1993

[21] Delahaye Jean-Paul, « Mona Lisa au photomaton » — *Images des Mathématiques*, CNRS, 2013, <<http://images.math.cnrs.fr/Mona-Lisa-au-photomaton.html>>

1.1 Introduction

Le traitement d'images est, avant tout, une science et une technique par essence multidisciplinaires, de par les connaissances qu'il est nécessaire de maîtriser sur la nature du signal représenté, le développement d'un outil de traitement d'image ne se conçoit pas en l'absence de solides notions sur la discipline au sein de laquelle l'image est exploitée. Ces connaissances vont de l'art pictural aux mathématiques, en passant par les sciences humaines, la médecine et les sciences expérimentales.

L'opération de formation d'une image, conditionne elle aussi fortement ses caractéristiques et une connaissance approfondie de la physique qui sous-entend la création du signal et sa détection est elle aussi de première importance.

Dans ce chapitre nous allons présenter, quelques notions de base des images numériques. Ensuite, nous présentons les étapes les plus importantes du processus de traitement des images numériques [1].

1.2 Définition d'une image

Une image est la représentation d'une scène acquise à l'aide de systèmes de production d'images (appareils photographique, caméra, radiographies, scanner, sonar,.....). Sa forme peut être analogique (ex: photographie, vidéo..) ou numérique (images numérisées suivant divers formats, images compressées ou non...) ou obtenues par des capteurs fournissant des images numérisées) et dans ce cas un traitement par ordinateur est possible [Desachy 2001].

Sonka et la donne un aperçu dans ce que nous comprendrons pour être une image. Ils disent que l'image "peut être modélée par une fonction continue de deux ou trois variables; dans le cas simple les arguments sont les coordonnées (x, y) dans le plan, alors que si les images changent à temps une troisième variable t peut être ajouté.

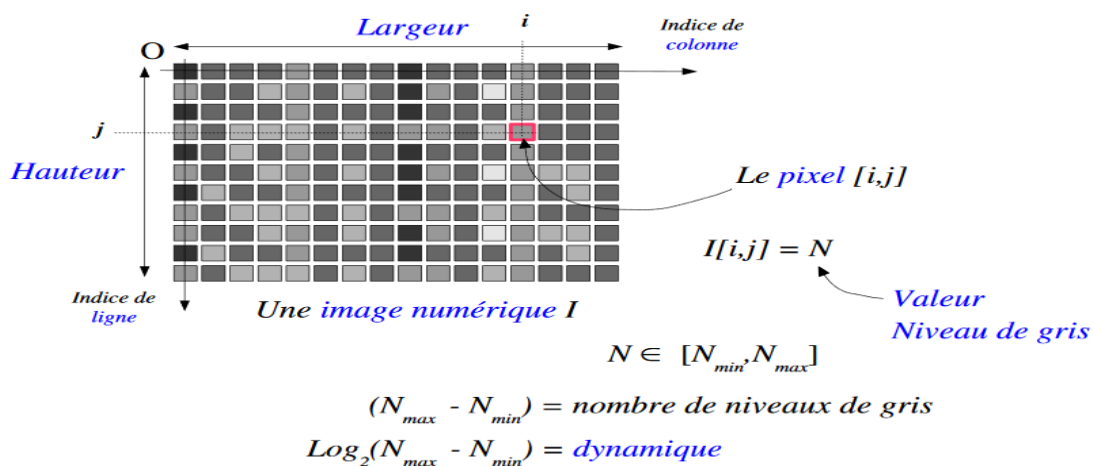
Les valeurs de fonction d'image correspondent à la luminosité aux points de l'image; ceci nous permet d'éviter la description du processus très compliqué de la formation d'image.[John 1999] .

1.3 Image numérique

1.3.1 Définition de l'image numérique

L'image numérique est une matrice codée sous différents nombres de bits, les images numériques peuvent être acquises par plusieurs dispositifs qui s'adaptent aux domaines d'applications .dans le cas du domaine médical l'image peut être acquise par le scanner, l'IRM, la mammographie. On désigne sous le terme d'image numérique toute image (dessin, icône, photographie ...) acquise, créée, traitée, stockée sous forme binaire (suite de 0 et de 1). [2]

L'image numérique est une matrice dont les éléments en appelées pixels .Chaque pixel est un repère par sa position, spatiale et sa luminance. Cette luminance indique le niveau de gris pour l'image à niveau de gris et la couleur pour les images couleurs.Le niveau de gris de la couleur noir(0) jusqu'à la couleur blanche(255) dans une image couleur qui se distingue pour mélange RVB chaque composant varie entre (0 ; 255).[1]



1 Figure exemple de réseau des pixels

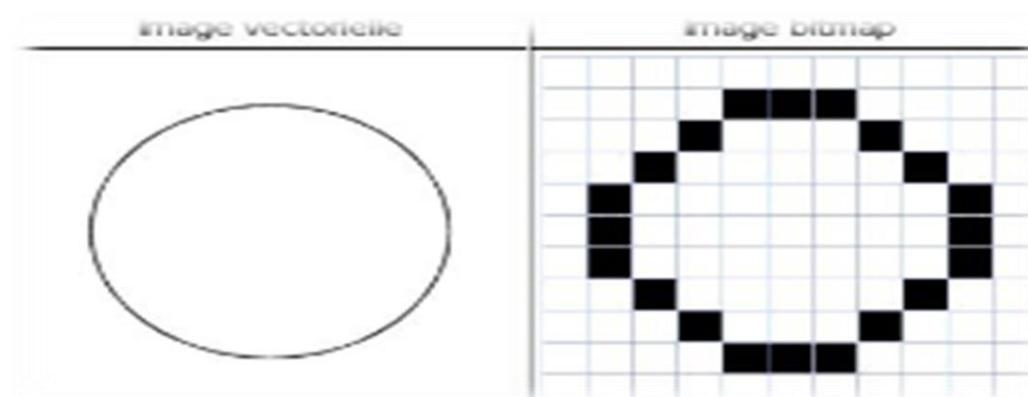
1.3.2 Les formats d'images

Pour représenter une image, on peut la décrire à l'aide de fonctions mathématiques (représentation vectorielle) ou par l'ensemble des points qui la composent (représentation matricielle). Une image matricielle est formée d'un tableau de points ou pixels. Plus la densité des points sont élevée, plus le nombre d'informations est grand et plus la résolution de l'image est élevée.[3]

Corrélativement la place occupée en mémoire et la durée de traitement seront d'autant plus grandes. Les images vues sur un écran de télévision ou une photographie sont des images matricielles. On obtient également des images matricielles à l'aide d'un appareil photo numérique, d'une caméra vidéo numérique ou d'un scanner. Quelques formats d'images matricielles [BMP (Windows bitmap), JPEG (joint photographique expert group), TIFF (tagged image file format) et GIF (graphiques interchange format)]. [3]

Dans une image vectorielle les données sont représentées par des formes géométriques simples qui sont décrites d'un point de vue mathématique. Ces images sont essentiellement utilisées pour réaliser des schémas ou des plans. Les logiciels de dessin industriel fonctionnent suivant ce principe ; les principaux logiciels de traitement de texte ou de PAO (publication assistée par ordinateur) proposent également de tels outils. [3]

Ces images présentent 2 avantages : elles occupent peu de place en mémoire et peuvent être redimensionnées sans perte d'information. On désigne sous le terme d'image numérique toute image acquise, créée, traitée ou stockée sous forme binaire (suite de 0 et de 1).

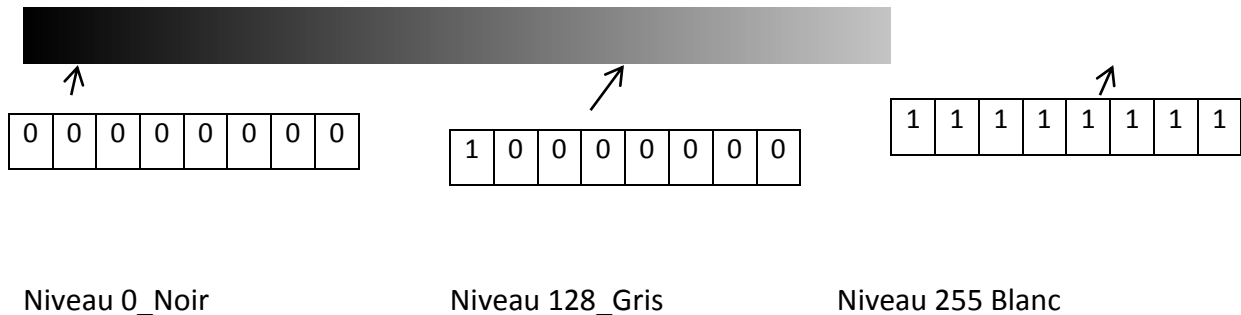


2 Figure Image vectorielle et image bitmap

1.3.3 Les Types d'images

Le pixel est codé en général sur 8 bit soit 256 niveaux de gris G.

Le niveau 0 correspond au noir alors que le niveau 255 correspond au blanc.



-Les images binaires : Une image binaire est une image pour laquelle chaque pixel ne peut avoir pour valeur que 0 ou 1.

-Image à niveaux de gris : Une image ne niveaux de gris autorise un dégradé de gris entre le noir et le blanc. En général, on code le niveau de gris sur un octet (8 bits) soit 256 nuances de dégradé. L'expression de la valeur du niveau de gris $p(i, j) \in [0, 255]$.

-Image couleur : Une image couleur est la composition de trois (ou plus) images en niveaux de gris sur trois(Ou plus) composantes. On définit donc trois plans de niveaux de gris, un rouge, un vert et un Bleu. La couleur finale est obtenue par synthèse additive de ces trois (ou plus) composantes.

-Image à valeurs réelles : Pour certains calculs sur les images, le résultat peut ne pas être entier, il est donc préférable de définir l'image de départ et l'image résultat comme des images à valeurs réelles. En général, une image à valeurs réelle est telle que le niveau de gris est un réel compris entre 0.0 et 1.0. On a dans ce cas pour une image à niveaux de gris: $p(i, j) \in [0.0, 1.0]$. Pour une image couleur, la relation devient $p_R(i, j) \in [0.0, 1.0]$, $p_V(i, j) \in [0.0, 1.0]$, $p_B(i, j) \in [0.0, 1.0]$.



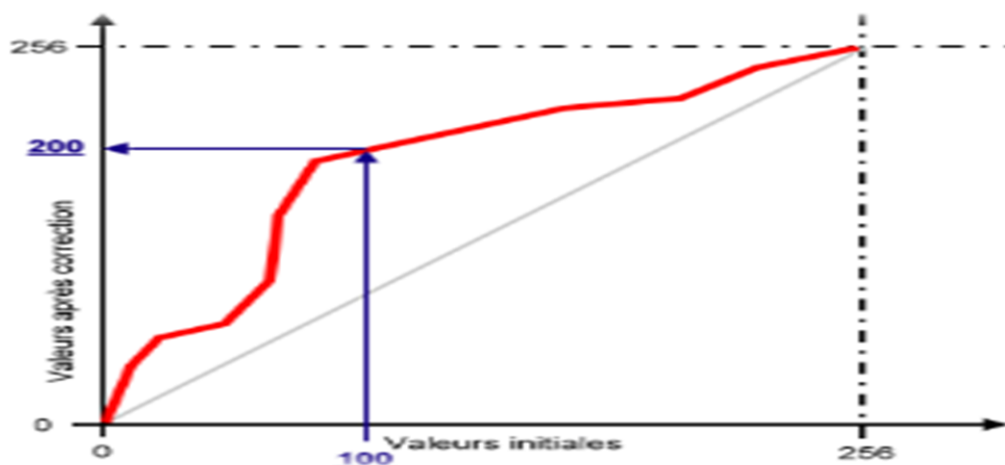
3 Figure image binaire

1.4 Caractéristique d'images

L'image est un ensemble structuré d'informations caractérisé par les paramètres suivants.

1.4.1 Courbe tonale

Retoucher une image revient à modifier les valeurs de certains pixels. On peut le faire localement (à un endroit bien précis de l'image) ou globalement. Dans ce dernier cas, on utilise un outil appelé « courbe tonale » qui ressemble au dessin ci-contre. Sur l'abscisse, on lit les valeurs originales des pixels et sur l'ordonnée les valeurs après modifications. Sur le graphique ci-contre, tous les pixels de valeurs 100 prendront la valeur 200. Ils vont donc s'éclaircir. La diagonale grise est la courbe où il n'y a aucune modification. En fait, il y a trois courbes tonales : une pour le rouge, une pour le vert et une pour le bleu. On les modifie souvent simultanément de la même façon, mais on peut aussi les modifier séparément.[2]

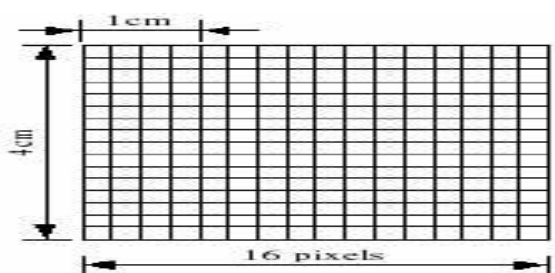


4 Figure courbe tonale

1.4.2 Résolution

C'est le nombre de points contenu dans une longueur donnée (en pouce). Elle est exprimée en points par pouce (PPP, en anglais: DPI pour Dots Per Inch). Un pouce mesure 2.54 cm, c'est une unité de mesure britannique. La résolution définit la netteté et la qualité d'une image.

Plus le nombre de pixels par unité de longueur de la structure à numériser est élevé, plus la quantité d'informations, qui décrit cette structure, est importante et plus la résolution est élevée. La résolution permet ainsi d'établir le rapport entre la définition en pixels d'une image et la dimension réelle de sa représentation sur un support physique (écran, papier...) [4].



5 Figure La résolution d'une image

- La capacité d'une image numérique traduit la réalité physique d'un objet dépend :

a) Du nombre de pixels par ligne et par colonne pour une taille physique fixée. On parle alors de « résolution spatiale ». Résolution : Nombre de pixels/ Dimension physique de l'image (exprimée en Pouce).

b) Du plus petit écart de couleur cotable entre deux variations d'intensité. On parle alors de « résolution colorimétrique ». Plus cette dernière est élevée plus l'image numérique reflètera de petites variations d'intensité.

- Les 3 images ci-dessous montrent les conséquences de la quantification sur une image codée sur:

a) 24 bits à gauche

b) 8 bits au centre

c) 1 bit à droite



6 Figure Différentes quantifications d'une image

1.4.3 Connexité dans les images

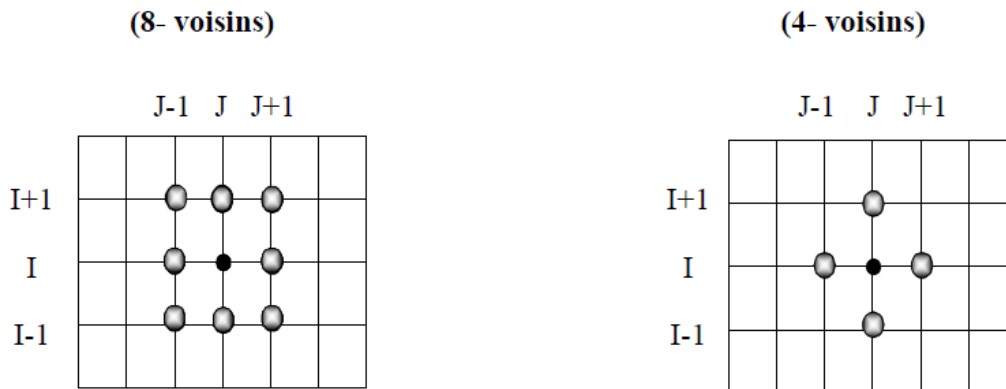
La notion de connexité entre pixels est une notion particulièrement importante pour la détection des frontières d'objets dans une image et des pixels composant un objet : Deux pixels seront considérés comme connexes (appartenant au même objet donc) s'ils satisfont deux critères [11]

- La similarité (par exemple même niveau de gris).

- S'ils sont adjacents (voisins).

a) Voisinage d'un pixel

Un pixel $I(x, y)$ possède quatre voisins horizontaux et verticaux. Si on considère un pixel comme un carré élémentaire, les pixels présentant un côté commun avec $I(x, y)$ sont appelés les 4-voisins de $I(x, y)$. Le pixel $I(x, y)$ possède aussi quatre voisins diagonaux, ce sont les pixels qui ont un sommet commun avec $I(x, y)$. L'ensemble des huit voisins du pixel $I(x, y)$ représentent ce qu'on appelle les 8-voisins (8-voisinage). Ces huit voisins forment la fenêtre 3x3 du pixel $I(x, y)$. On dit aussi que ces pixels sont les 8-adjacents de $I(x, y)$ [12]



7 Figure Voisinage d'un pixel

B) Connexité

La connexité est une propriété de liaison entre deux pixels qui fait qu'on les considère comme faisant partie de la même région dans une image. En supposant que deux pixels P et Q vérifient déjà un certain critère de similarité, on peut définir différents types de connexités

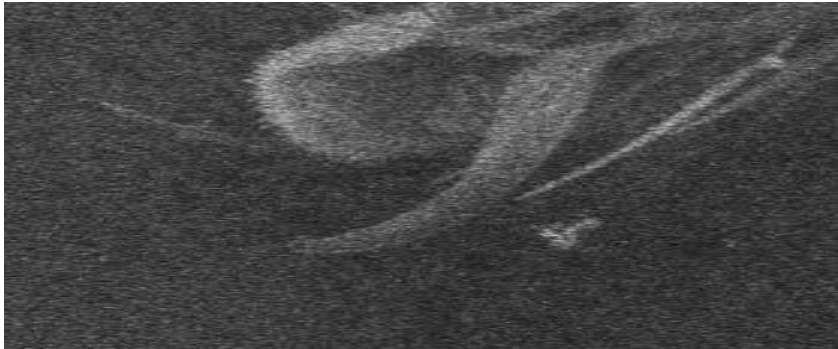
- 4-connexité: Les deux pixels sont deux voisins tels que Q est un des 4-voisins de P
- 8-connexité: Les deux pixels sont deux voisins tels que Q est un des 8-voisins de P
- Connexité mixte: soit P et Q sont 4-voisins, ou bien P et Q sont voisins diagonaux et aucun des 4-voisins communs à P et Q ne sont 4-connexes. [22]

1.4.4 Le bruit dans une image

Il en existe quatre sources de dégradation possibles

- Bruit lié au contexte de l'acquisition: L'exemple le plus simple est le bougé, On peut aussi imaginer une modification ponctuelle des conditions d'éclairage, conduisant à une sous (sur) illumination de l'objet observé.
- Bruit lié au capteur: si le capteur est de mauvaise qualité ou s'il est mal utilisé, il peut introduire toute sorte de bruits.
- Bruit lié à l'échantillonnage: après le passage du domaine continu au domaine discret (phase d'échantillonnage), le bruit peut apparaître dans l'image.

- Bruit lié à la nature de la scène: la couverture nuageuse dégrade la qualité des images satellites.



8 Figure Exemple d'image bruitée

1.5 Avantages et inconvénients de l'image numérique

- Les avantages d'une image numérique par rapport à l'image analogique sont :
 - ✓ Plus facile à manier, à stocker
 - ✓ Grande dynamique (8 bits → 12 bits)
 - ✓ Directement utilisable pour traitement, analyse, quantification
 - ✓ Moins coûteuse
- Le principal inconvénient est que la résolution est un peu plus faible.

1.6 Prétraitement d'image

1.6.1 Amélioration du contraste

L'amélioration d'image consiste à amélioreront aspect visuelle de l'image ce fait à rehausser le contraste de l'image, cette amélioration est basé sur les techniques de filtrage pass_ haut et les technique de modification d'histogramme.[5]

1.6.1.1 Histogrammes

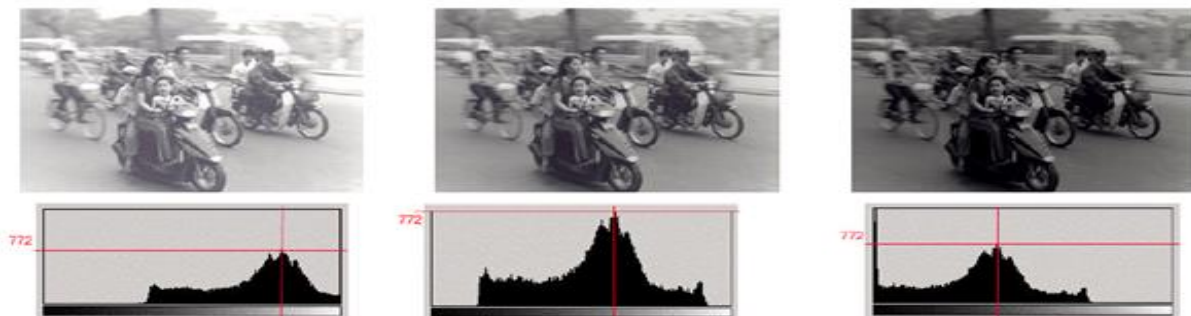
➤ Définition

Un histogramme est un graphique statistique permettant de représenter la distribution des intensités des pixels d'une image, c'est-à-dire le nombre de pixels pour chaque intensité lumineuse. Par convention un histogramme représente le niveau d'intensité en abscisse en allant du plus foncé (à gauche) au plus clair (à droite) sont utilisés :

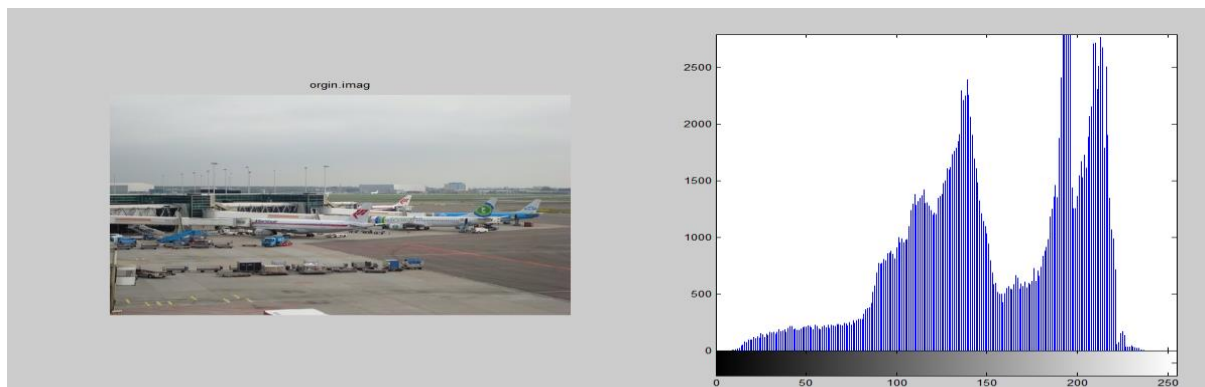
- A l'acquisition, il permet de contrôler et affiner les réglages de prise de vue.
- Pour le traitement, il permet de corriger ou modifier l'exposition de l'image, ainsi que l'échelle des couleurs. Par exemple : améliorer le contraste, corriger une image sous-exposée, renforcer la composante rouge, corriger la non-linéarité du capteur....
- En utilisant judicieusement l'historgramme, on peut faire apparaître les détails et les nuances acquises par le capteur et présentes dans le fichier, mais non visibles à l'œil.[5]

1.6.1.2 Histogrammes des images en niveaux de gris

Il indique pour chaque valeur entre le noir (0) et le blanc (255), combien il y a de pixels de cette valeur dans l'image; En abscisse (axe x) : le niveau de gris (de 0 à 255); en ordonnée (axe y) : le nombre de pixels. Les pixels sombres apparaissent à gauche de l'historgramme, les pixels clairs à droite de l'historgramme et les pixels gris au centre de l'historgramme. [5]



9 Figure exemple d'histogrammes pour une même image plus ou moins bien exposée



10 Figure exemple d'histogramme d'image



11 Figure Quelques histogrammes typiques.

Ces histogrammes ont été réalisés avec Photoshop. La crête est coupée pour obtenir davantage de lisibilité.

1.6.1.3 Histogramme des images couleurs

Pour les images couleurs, plusieurs histogrammes sont utilisés:

- L'histogramme des luminances
- les 3 histogrammes de chacune des composantes R,V,B.

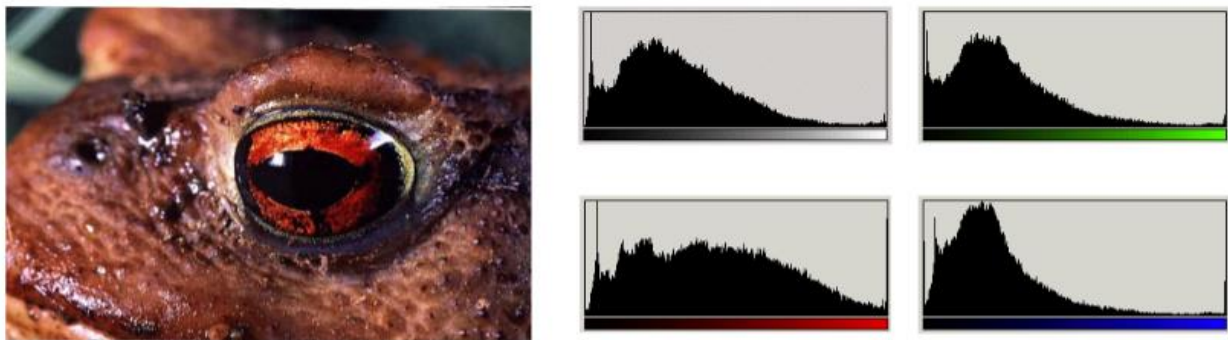
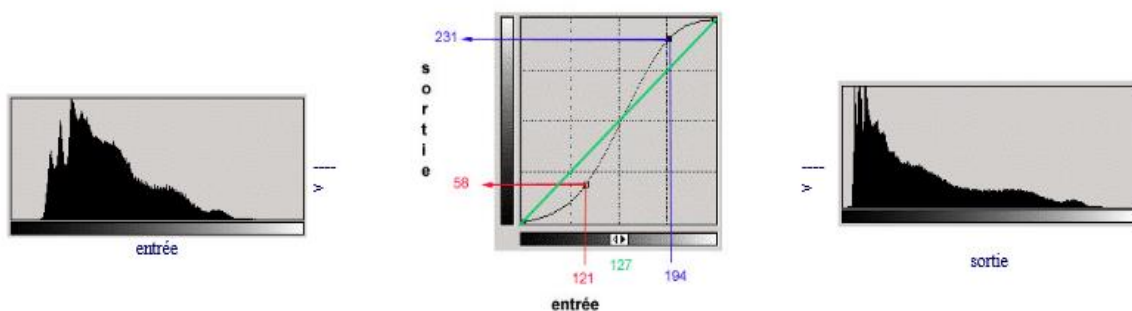


Figure (1 .14): image "dense", c'est à dire sombre, et contenant beaucoup de rouge
L'histogramme de la composante rouge contient relativement plus de fortes valeurs comparativement aux autres histogrammes V et B.

1.6.1.4 Courbes de modification des histogrammes

Cette courbe permet de réaliser une modification globale des niveaux de gris de l'image. Elle indique pour chaque niveau de gris quelle sera sa valeur finale après modification : en abscisse (axe x) le niveau initial (entre 0 et 255) et en ordonnée (axe y) le niveau final (entre 0 et 255).[16]



12 Figure Courbes de modification des histogrammes d'une image entrée

Modification de la courbe de luminosité: les pixels sombres, entre 0 et 127 c'est à dire dans la partie droite de la courbe, diminuent de valeur, alors que les pixels clairs, entre 128 et 255, augmentent de valeur. Par exemple le pixel gris de valeur 121 prendra en sortie la valeur 58 (gris foncé) et le pixel gris clair de valeur 194 prendra en sortie la valeur 231, gris plus clair. Lorsque la courbe de modification de l'histogramme se trouve en dessous de la diagonale, les pixels diminuent de valeur, donc deviennent plus sombres et inversement, lorsque la courbe est au-dessus de la diagonale, les pixels augmentent de valeur et deviennent plus clairs.[2]

1.6.1 .5 Contours et textures

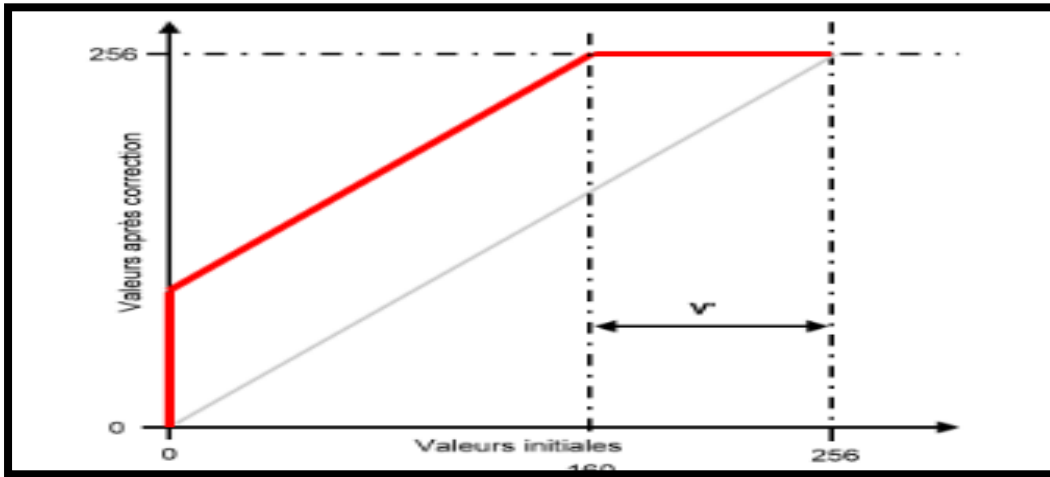
Les contours représentent la frontière entre les objets de l'image, ou la limite entre deux pixels dont les niveaux de gris représentent une différence significative. Les textures décrivent la structure de ceux-ci. L'extraction de contour consiste à identifier dans l'image les points qui séparent deux textures différentes [2]

1.6.1 .6 Luminance

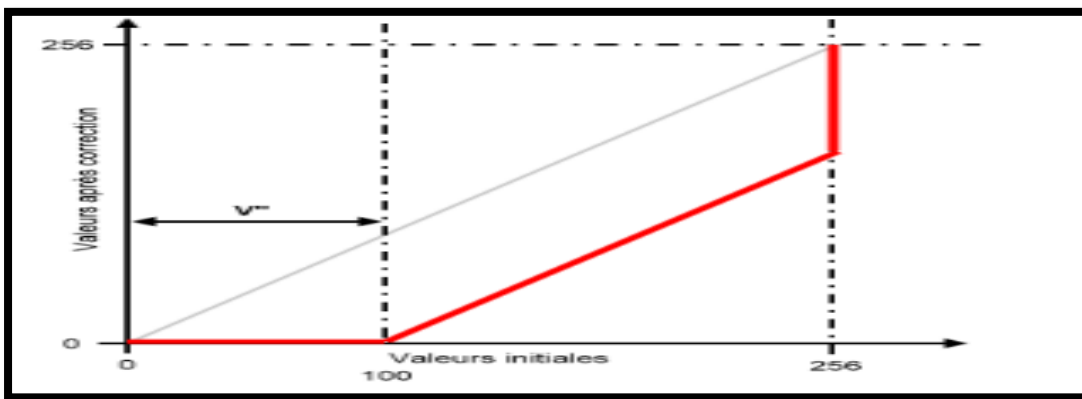
La luminance représente le degré de luminosité ou brillance des pixels d'image. La luminance désigne le signal qui détermine les valeurs de contraste d'une image, du noir le plus profond jusqu'au blanc le plus pur. La couleur correspond à l'autre partie du signal, appelée chrominance. Cette grandeur photométrique fondamentale caractérise l'émission intrinsèque d'une source, indépendamment de sa géométrie. La luminance est le flux émis par unité de surface apparente et par unité d'angle solide. On montre que l'éclairage du plan image produit par un système d'imagerie est proportionnel à la luminance de la source. En particulier, l'impression visuelle est proportionnelle à la luminance des objets car l'éclairage de la rétine de l'œil est proportionnel à la luminance. Une bonne luminance se caractérise par les images lumineuses et par un bon contraste.

- Changer la luminosité

Pour augmenter la luminosité, il suffit d'ajouter une valeur fixe à tous les niveaux et Pour diminuer la luminosité il faudra au contraire soustraire une valeur fixe à tous les niveaux [2].



13 Figure augmenter la luminosité



14 Figure diminution la luminosité



15 Figure « augmenter la luminosité d'un image »

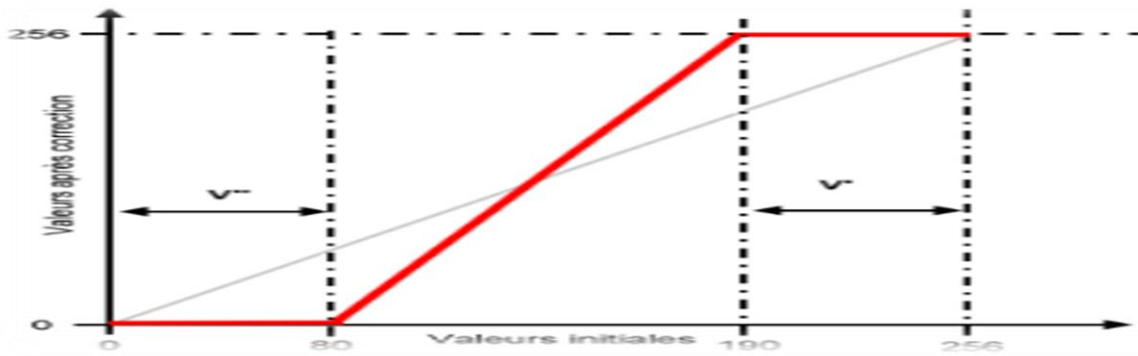
- **Contraste**

Le contraste d'une photo est lié à la notion de luminosité, instinctivement une image paraît contrastée lorsqu'elle mêle des zones très lumineuses et des zones très sombres. Le contraste est une notion qui revient fréquemment lorsque l'on s'intéresse à la photographie:

On juge le contraste d'une image, des logiciels permettent de le régler et même les capteurs et les objectifs ont un rôle à jouer. Ce billet aborde toutes ces notions. Il existe deux approches pour calculer le contraste, la première consiste à voir l'écart entre sa luminance minimale et sa luminance maximale. La formule est la suivante: Avec cette formule une photo est très contrastée si son histogramme est très étendu.

$$\text{contraste} = \frac{\text{lum}(\text{max}) - \text{lum}(\text{min})}{\text{lum}(\text{max}) + \text{lum}(\text{min})}$$

Une seconde approche, plus fine, s'intéresse au contraste local de tous les points de l'image et calcule la moyenne pour l'ensemble de l'image. On utilise la même formule qu'au-dessus mais les Min et Max sont limités au voisinage de chaque point (par exemple dans un rayon de 2 pixels). Avec cette méthode une photo est très contrastée si son histogramme est très étendu et qu'il y a beaucoup de zones claires et sombres, avec des transitions franches entre les deux. Pour rendre une image plus contrastée, il faut assombrir les points foncés et éclaircir les points clairs, par exemple comme dans la figure ci-dessous [2] :



16 Figure Rehaussement de contraste

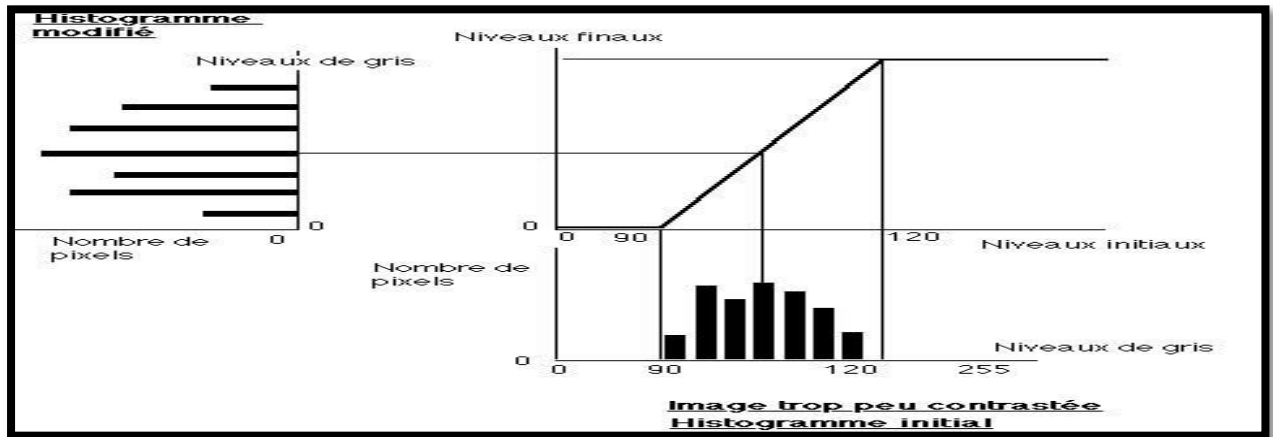


17 Figure de Rehaussement de contraste sur image

1.6.1.7 Recadrage de la dynamique :

Utilisé lorsque certaines images sont initialement trop claires, trop foncées ou bien peu contrastées. Ceci fait les niveaux de gris de l'image entassés soit vers le haut de l'échelle ou bien vers le bas, ou bien sont regroupés dans l'intervalle étroit d'une zone bien spécifique ce défaut est très visible sur l'histogramme c'est dans ce cadre que l'histogramme sera transformé par la transformé LUT (Look Up Tab) pour redistribuer tous les niveaux sur toute la bande de nuances possible('expansion de la dynamique')l'instruction qui permet d'effectuer cette transformation est:

$$I(x,y) = \frac{I(x,y) - G_{min}}{G_{max} - G_{min}} \times 255$$



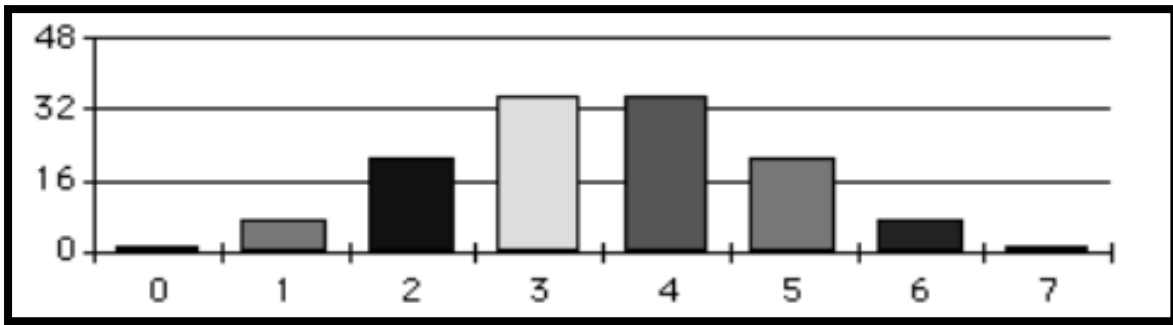
18 Figure image trop peu contrastée histogramme initial

Le but de la table, dans ce contexte, est de redistribuer les niveaux de gris de l'image pour leur faire occuper toute la bande de nuances possibles.[6]

1.6.1 .8 Modification de la forme de l'histogramme(Egalisation)

Il s'agit d'un recadrage d'image vers une forme prédéterminée de l'histogramme. Si la forme est une distribution uniforme (ce qui est fréquemment le cas) il s'agit d'une égalisation d'histogramme. Le but est, à partir d'une image initiale, de produire une nouvelle image dans laquelle tous les niveaux auront la même fréquence de manière exacte ou approchée. Dans le premier cas, on dira que l'histogramme de la nouvelle image est "plat"; dans le second cas, on dira qu'il est égalisé. [6]

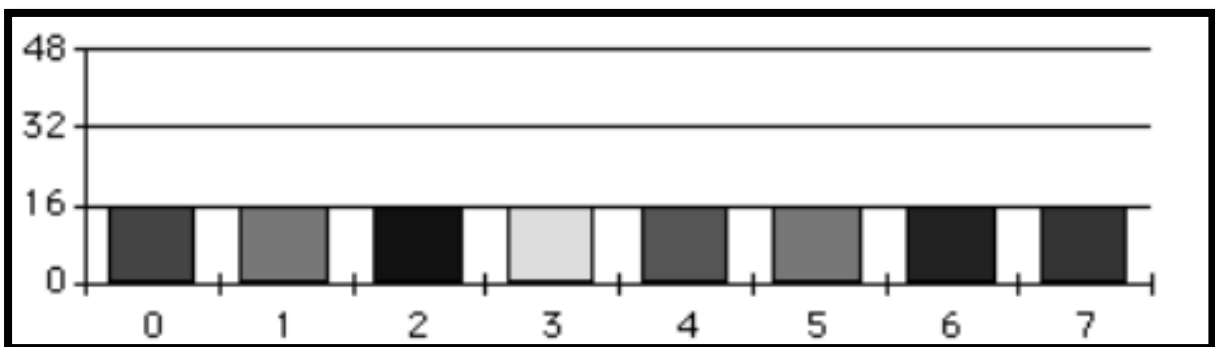
- Histogramme plat



19 Figure histogramme original

Pour obtenir l'histogramme plat, il faut remplir chaque couleur de 0 à 7 avec 16 pixels. Il faut donc opérer une redistribution ;

En modifiant les pixels dans l'ordre de lecture gauche-droite, haut-bas, la figure (19), on obtient figure suivante dont l'histogramme est présenté ci-dessous :



20 Figure histogramme plat

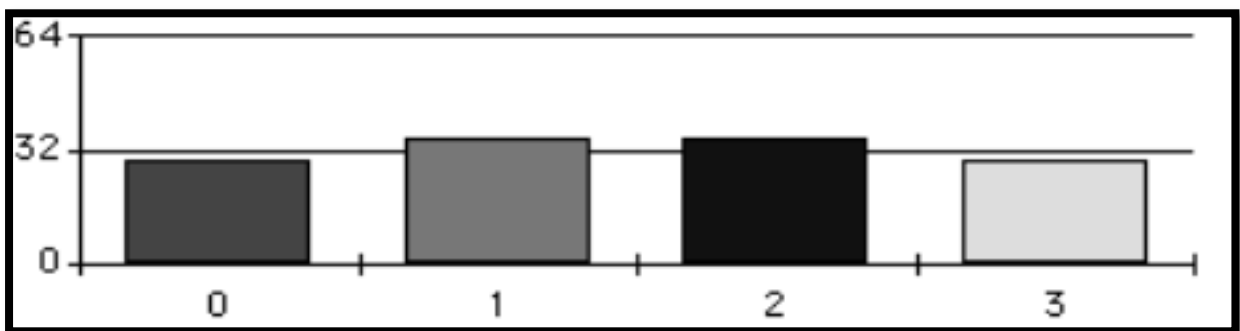
- Histogramme égalisé

L'opération d'égalisation est réalisée lorsque l'on a des régions sombres qui sont difficilement perceptibles (perçus). Ceci se traduit par une quantification linéaire des pixels et c'est à ce niveau qu'on remarque que l'intensité lumineuse est inférieure à la luminance moyenne. [7]

$$G' = \frac{255}{\text{nbre de pixels}} \times \text{l'histogramme cumule}$$

Dans la méthode précédente, il y a un arbitraire : le choix des pixels qui changent de niveau. Il est évidemment plus intéressant de ne pas faire de distinction entre les pixels de même niveau et de changer ce niveau globalement. On procède alors par réduction du nombre de niveaux : on remplace plusieurs niveaux par un seul. Soit donc N_r le nombre de niveaux de regroupement ($N_r < N$). On choisira $N_r = 4$ pour cet exemple.

L'histogramme est alors séparé en bandes de largeur N/N_r . Le nombre moyen de pixels par bande est n_p/N_r soit ici $128/4 = 32$. On obtient ainsi le figure suivant dont l'histogramme est présenté ci-dessous. [7]



21 Figure histogramme égalisé

1.6.2 Réduction du bruit dans d'image

➤ INTRODUCTOIN

Le bruit est à l'origine d'un grand nombre de difficulté lorsqu'on désire analyser un signal quelconque. L'image ne fait pas exception à cette règle, ainsi entre une image réel et l'image numérisé obtenu on remarque souvent une altération de l'information cette altération est engendré par le bruit qui est le résultant du bruit électronique du capteur et de la qualité du digitaliseur. [23]

- différents méthodes a utilisé pour minimiser de bruit.

1.6.2.1 Définition du Filtrage

Le principe du filtrage est de modifier la valeur des pixels d'une image, généralement dans le but d'améliorer son aspect. En pratique, il s'agit de créer une nouvelle image en se servant des valeurs des pixels de l'image d'origine par exemple en éliminant un bruit (lignage, spéculaire des images radar, etc.) Ou en améliorant les contours d'une image floue. [8]

On distingue deux catégories passe bas

- ❖ Le filtrage linéaire : ou la transformation d'un pixel est le fruit d'une combinaison des pixels voisins.
- ❖ Le filtre non linéaire : ou la combinaison des pixels voisins d'une manière non linéaire.

1.6.2.2. Filtrage linéaire

Le filtrage linéaire met en jeu l'environnement de chaque pixel par l'opération de convolution, pour chaque pixel de la zone à laquelle il s'applique, de modifier sa valeur en fonction des valeurs des pixels avoisinants, affectées de coefficients. Parmi les filtres linéaires, 3 catégories de filtres sont envisagées qui se distinguent par des propriétés dans le domaine fréquentiel; nous verrons donc plus loin la raison des appellations utilisées :

- ✓ Filtres "passe-bas" : ils sont utilisés pour atténuer les détails de l'image qui "tranchent" nettement avec le reste de l'image: bords, caractéristiques particulières notamment. Le résultat de l'application d'un filtre "passe-bas" sera une image (brouillée" ou "trouble).
- ✓ filtres "passe-haut" : contrairement aux précédents, ils sont utilisés pour atténuer les caractéristiques "neutres" et mettre en évidence les détails qui "tranchent ".
- ✓ filtres "passe-bande" : ils ont peu d'intérêt pour le rehaussement d'image, mais par contre ils sont utilisés dans le cas de la restauration d'image.

Le principe du filtrage linéaire est de remplacer le niveau d'un pixel par une combinaison linéaire des niveaux des pixels environnants. Cette combinaison linéaire est usuellement représentée par un masque.

1/le filtre moyennier (filtre moyen):il s'agit d'un cas particulier du filtre de convolution qui remplace chaque pixel par la moyenne des pixels adjacent et de pixel central. Le filtrage moyen permet d'adoucir l'image on réduisant les flutons des niveaux de gris ce pendant l'image rendu est floue en particulier au niveau des contours.

Appliquer un filtre de convolution consiste on multiplier chacun des pixels de la matrice original par le moyen du filtre.

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

3*3

Masque du filtre

Ou 1/9*

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Tableau(1.1) : Application du filtre moyenne (lissage)



Image originale



Moyenne 3 x 3

22 Figure filtre moyennier

Le filtre moyennier permet de :

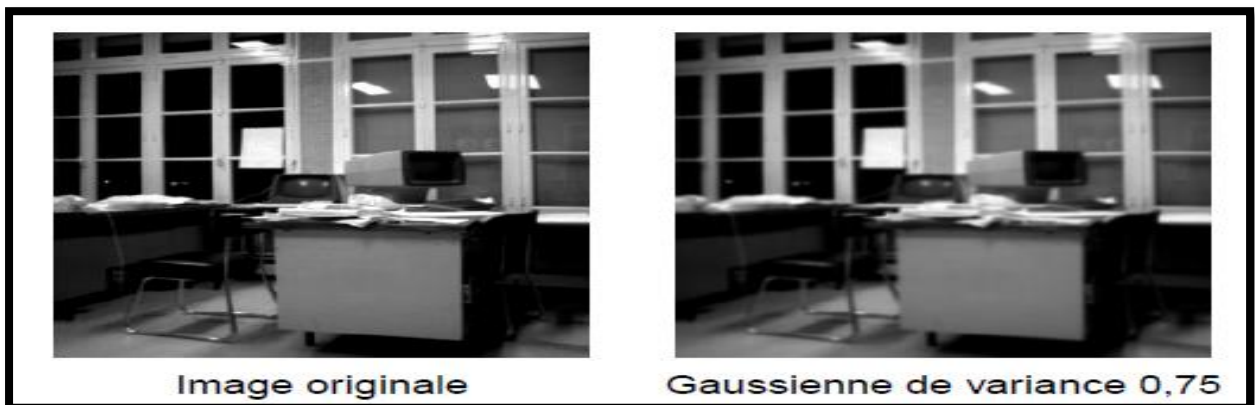
- ✓ lisser l'image (smoothing)
- ✓ Remplacer chaque pixel par la valeur moyenne de ses voisins
- ✓ Réduite le bruit

- ✓ Réduite les détails non-important
- ✓ Brouille ou rend floue l'image (blur edges)

2/Le filtre Gaussien : un filtrage gaussien est un filtre linéaire des plus utilisé tout pour sa facilité de mise en œuvre que la qualité de ces résultats. Un filtrage gaussien consiste en la convolution d'une image.

$$I_f = I_x * G(\sigma, y, x)$$

Le premier filtre convole l'image par une gaussienne unidimensionnelle suivant l'axe des X, le résultat obtenu est convole par une gaussienne suivant l'axe des Y par un filtre dont les



23 figure filtre gaussien

coefficients sont identiques au premier afin de ne pas introduire des distorsions spatiales.

Remarque :(l'inconvénient majeur des filtres linéaires est la dégradation des zones de transition pour remédiera cette aléa on utilise des filtres non linéaire).

1.6.2.3 Filtres non linéaires

Ces opérateurs ont été développés pour pallier aux insuffisances des filtres linéaires : principalement la mauvaise conservation des contours. Ils ont le défaut d'infliger des déformations irréversibles à l'image. [8]

1/.Filtre médian : Le niveau de gris du pixel central est remplacé par la valeur médiane de tous les pixels de la fenêtre d'analyse centrée sur le pixel. La taille du kernel dépend de la fréquence du bruit et dès la taille des détails significatifs de l'image traitée. L'idée principale du filtre médian est de remplacer chaque entrée par la valeur médiane de son voisinage La figure suivante illustre le fonctionnement d'un filtre médian de fenêtre d'analyse 3*3 sur un exemple:

1	4	5
3	9	6
8	10	2

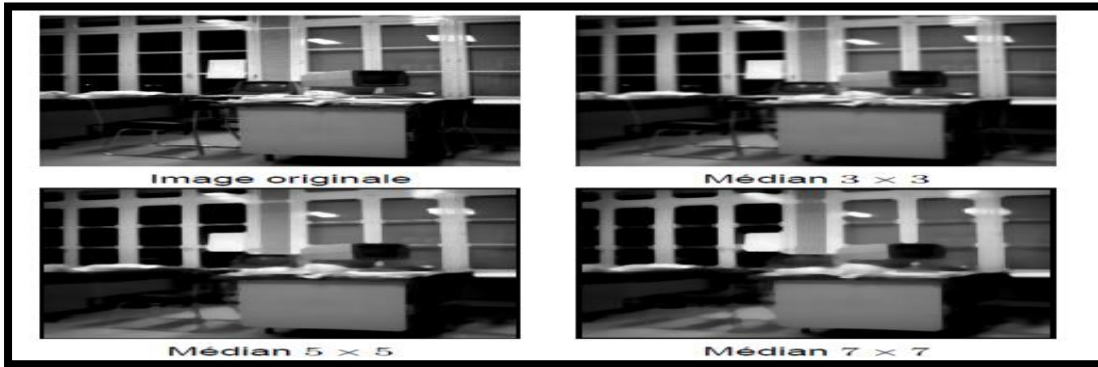
Tableau (1.2) filtre médian de fenêtre 3*3

Le filtre médian va considérer les valeurs du voisinage par valeurs croissantes : $1 < 2 < 3 < 4 < 5 < 6 < 8 < 9 < 10$ La valeur médiane « 5 »est choisie L'opération de classement est couteuse en tant de calcul.

*	*	*
*	5	*
*	*	*

Tableau (1.3): Principe du filtre médian

Le filtrage médian permet de donnée de bon résultat sur une image bruitée affectée par le bruit impulsionnel son inconvénient est qu'il supprime les détails fins. Nous allons voir d'autres types des filtres qui permettent de conserver les zones de transition ainsi que les détails fins.



24 Figure filtre médian

1.2/filtre à moyenne seuillé

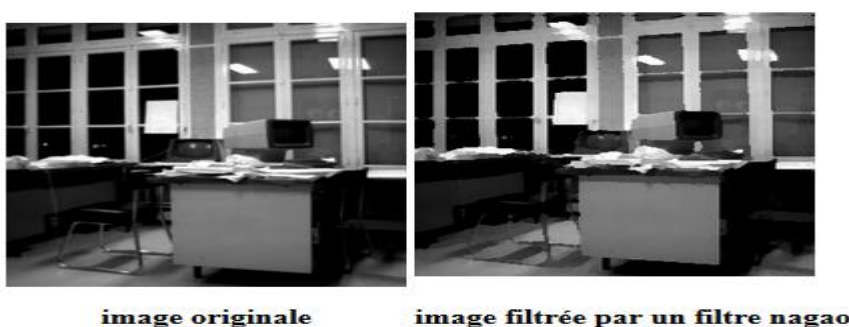
Le principe de ce filtre consiste à réaliser un filtrage uniquement en dehors des zones de transitions celles-ci sont repérée grâce leur variance élevé.

Autour de chaque pixel on calcule la variance de NG (niveau gris) si elle est inférieure à un seuil on reste dans une zone homogène on calcule dans ce cas le moyenne des NG, sinon on garde le niveau de gris d'origine. [8]

2/ Filtre de Nagao

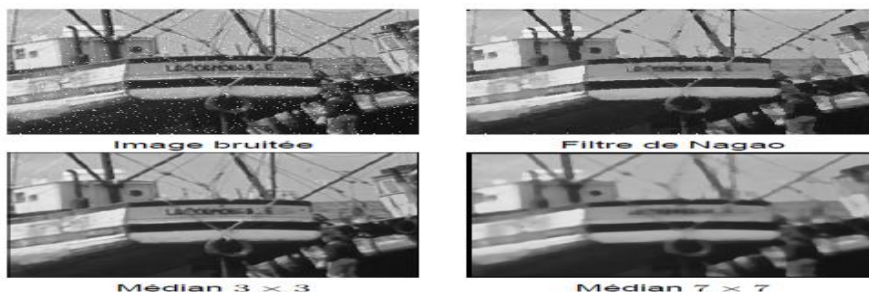
Ce filtre est un filtre à sélection de voisinage, chaque fenêtre de taille 5x5 est divisée à 9 domaines pour chaque domaine on calcule la moyenne et la variance, on va ensuite rechercher le domaine où la variance est la plus faible dans ce cas on affecte la moyenne des Ng de ce domaine au pixel centrale. [8]

L'image présentée ici est le résultat d'un filtrage Nagao avec un voisinage 9*9



25 Figure filtre de Nagao

Filtrage d'une image bruitée par un bruit impulsionnel



26 Différents filtres

- ✓ Le filtre de Nagao permet de réduire le bruit impulsionnel de préserver les zones de transition et d'améliorer le contraste

3 / Les filtres morphologiques

La morphologie mathématique (MM) emploie les opérateurs Intersection, Union, Inclusion et Complément. L'image transformée est en général simplifiée par rapport à l'image originale, ce qui correspond donc à une perte d'information. Les principales caractéristiques de l'image d'origine sont cependant toujours présentes. Les mesures sont ensuite effectuées sur cette image simplifiée. Les opérations de morphologie mathématique s'appliquaient au début aux images binaires et aux images "monocanal" et avec les années 1970-1980 la MM a été généralisée pour les images à niveau de gris et a connu une extension des principaux concepts (dilatation, érosion, etc.), cette généralisation a abouti à de nouveaux opérateurs, tels que les gradients morphologiques et "la ligne de partage des eaux" (segmentation).

Elles se font avec un élément structurant (β), caractérisé par sa dimension, sa forme et son centre. Chaque objet de l'image est comparé à (β) en déplaçant (β) en tout pixel de l'image.

Ainsi, dans le cas d'une image binaire, pour chaque position de (β), il peut être détecté si (β) est entièrement inclus dans une zone "pure" de 0 ou de 1, ou une zone qui contient des 0 et des 1. L'élément (β) définit le voisinage d'analyse du pixel traité. Ce voisinage peut être un

rectangle, un cercle, un hexagone, etc. Parmi ces opérations morphologiques il y a la dilatation, l'érosion, l'ouverture et la fermeture mathématiques. [8]

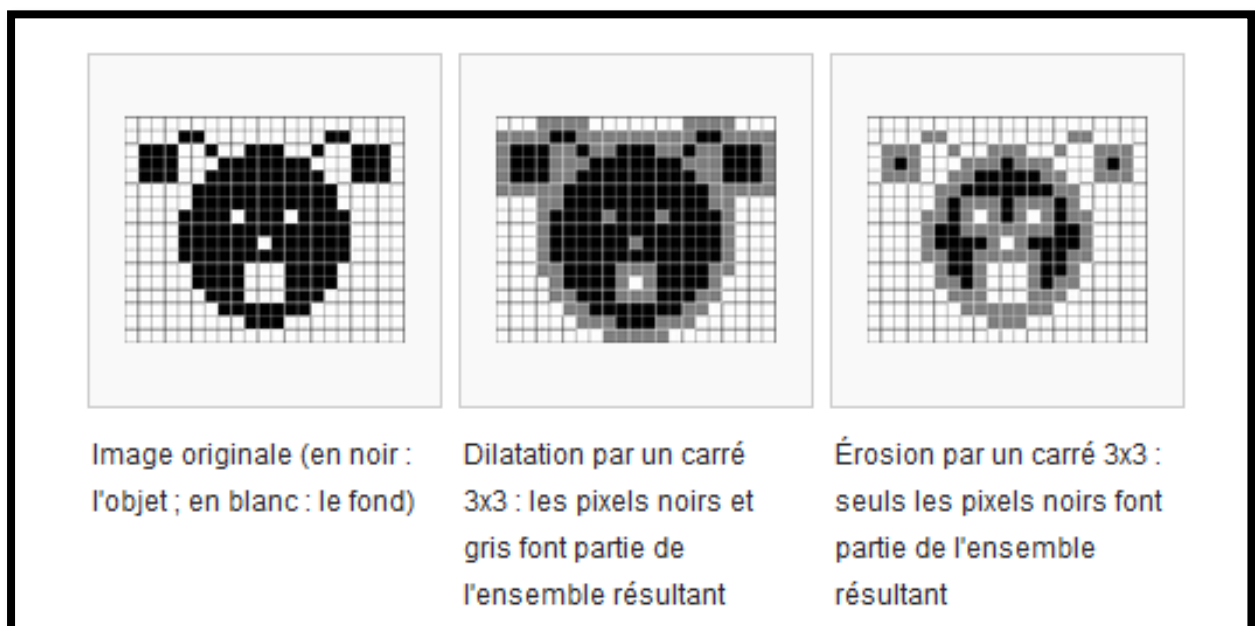
La dilatation

La dilatation est une opération qui « grandit » ou « épaisit » des objets dans une image binaire. D'un point de vue ensembliste, le résultat de la dilatation de l'ensemble A (Image) par l'ensemble β (élément structurant) est l'addition de Minkowski : c'est l'ensemble des points tels que lorsque β est centré sur un de ces points il y a une intersection non vide entre A et β . [8]

- L'érosion

L'érosion est une opération qui « rétrécit » ou « amincit » les objets d'une image binaire. La définition mathématique de l'érosion est similaire à celle de la dilatation.

Le principe de l'érosion est le même que la dilatation, mais de façon inversée. En effet, pour que le pixel prenne la couleur de l'objet, ses pixels connexes doivent tous être compris (entièrement inclus) dans l'élément structurant (β). [8]



27 Figure une image dilatée et érosion

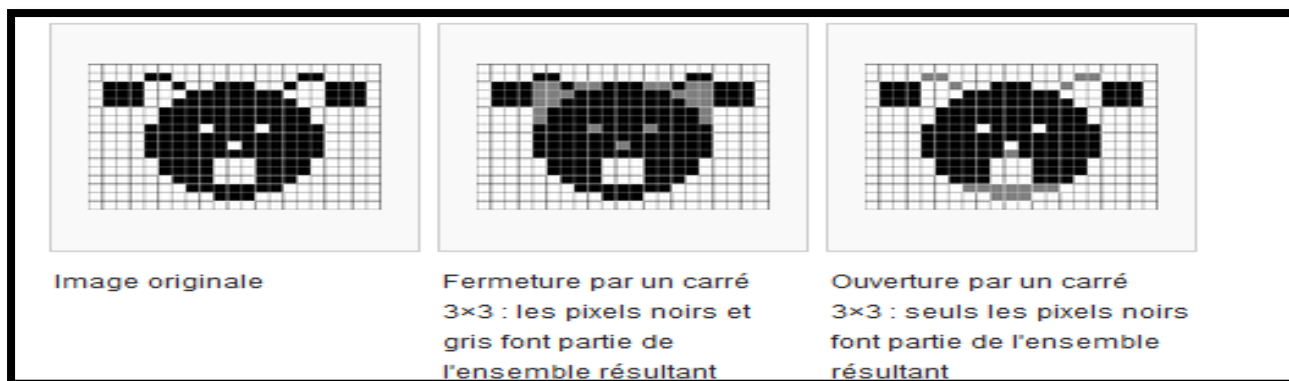
- L'ouverture

L'ouverture morphologique correspond à une érosion suivie d'une dilatation cette technique permet de d'éliminer des branches de taille inférieure à celle de l'élément structure.

• La Fermeture

La fermeture morphologique correspond à une dilatation suivie d'une érosion

Cette technique permet de remplir les trous.



28 Figure une image a fermeture et l'ouverture

I.7. Segmentation

INTRODUCTOIN

La segmentation est un traitement qui consiste à créer une partition de l'image considérée, en sous-ensemble appelés régions. Une région est un ensemble connexe de pixels ayant des propriétés communes (intensité, texture, ...) qui les différencient des pixels des régions voisines. Celle-ci consiste à effectuer la première étape de l'analyse d'une image elle se manifeste par le partitionnement des divers éléments de l'image en région connues ayant les mêmes propriétés ces régions peuvent être caractérisé par les pixels qui les composent ils s'agissent alors de la segmentation en région, ou bien elles peuvent être caractérisée par les pixels des frontières il s'agit alors de la segmentation en contour.

Essentiellement, l'analyse de l'image fait appel à la segmentation où l'on va tenter d'associer à chaque pixel de l'image un label en s'appuyant sur l'information portée (niveaux de gris ou couleur), sa distribution spatiale sur le support image, des modèles simples (le

plus souvent des modèles géométriques). Si l'homme sait naturellement séparer des objets dans une image c'est grâce à des connaissances de haut niveau (compréhension des objets et de la scène). Mettre au point des algorithmes de segmentation de haut niveau (chaque région est un objet sémantique). La segmentation est une étape primordiale en traitement d'image.[9]

À ce jour, il existe de nombreuses méthodes de segmentation, que l'on peut regrouper en quatre principales classes :

1. La segmentation fondée sur les régions (en anglais : région-base segmentation). On y trouve par exemple : la croissance de région (en anglais : région-growing), décomposition/fusion (en anglais : split and merge).
2. La segmentation fondée sur les contours (en anglais : edge-based segmentation).
3. La segmentation fondée sur la classification ou le seuillage des pixels en fonction de leur intensité (en anglais : classification ou thresholding).
4. La segmentation fondée sur la coopération entre les trois premières segmentations.

Segmentation par approche frontières

Cette approche cherche à exploiter le fait qu'il existe une transition détectable entre deux régions connexes. Les méthodes les plus anciennes utilisent des opérateurs de traitement d'images, tels que le filtre de Canny, pour mettre en évidence les pixels qui semblent appartenir à un contour. L'intérêt principal des méthodes de segmentation selon l'approche frontières est de minimiser le nombre d'opérations nécessaires en cas d'itération du processus sur des séries d'images peu différentes les unes des autres (cas des images vidéo notamment). En effet, une fois que les contours des régions ont été trouvés dans la première image, l'application du modèle déformable à l'image suivante est plus efficace que de tout recalculer, si la différence entre les images est peu importante. [9]

Segmentation par approche régions

Les méthodes appartenant à cette famille manipulent directement des régions. Soit elles partent d'une première partition de l'image, qui est ensuite modifiée en divisant ou regroupant des régions, et on parle alors de méthodes de décomposition/fusion (ou split and merge en anglais) ; soit elles partent de quelques régions, qui sont amenées à croître par incorporation de pixels jusqu'à ce que toute l'image soit couverte, et on parle alors de méthodes par croissance de régions. Des méthodes fondées sur la modélisation statistique conjointe de la régularité des régions et des niveaux de gris de chaque région existent également. [9]

Segmentation par classification ou seuillage

On part ici d'un rapport qu'entretient chaque pixel individuellement avec des informations calculées sur toute l'image, comme la moyenne des niveaux de gris de l'ensemble des pixels, ou la médiane, permettant de construire n classes d'intensité. Lorsque les classes sont déterminées par le choix d'un seuil, on parle de seuillage. Les pixels appartenant à une même classe et étant connexes forment des régions de l'image. [10]

1.8 Seuillage d'image

Le seuillage d'image est la méthode la plus simple de segmentation d'image. À partir d'une image à niveau de gris, le seuillage d'images peut être utilisé pour créer une image comportant uniquement deux valeurs, noir ou blanc (monochrome). On remplace un à un les pixels d'une image par rapport à une valeur seuil fixée (par exemple 123). Ainsi, si un pixel a une valeur supérieure au seuil par exemple (150), il prendra la valeur 255(blanc), et si sa valeur est inférieure par exemple(100), il prendra la valeur 0(noir). [10]



29 Figure Exemple d'un seuillage

Avec une image en couleur, on fera de même avec les trois composantes rouge, vert et bleu. Il y aura ainsi huit couleurs possibles pour chaque pixel : blanc, noir, rouge, vert, bleu, magenta, jaune et cyan.



30 Figure Seuillage d'une image couleur

1.8.1 Seuillage global

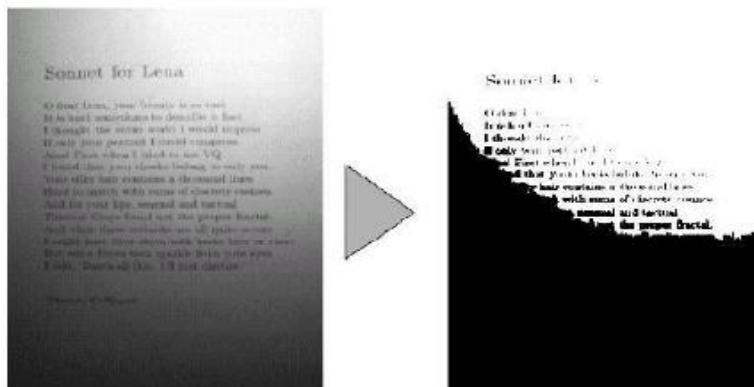
Le principe du seuillage global est d'utiliser une valeur seuil à partir de laquelle on peut choisir à quelle classe le pixel appartient. La transformée peut s'écrire ainsi :

$$\forall i, j \in N \times M \quad I(i, j) = \begin{cases} 255 & \text{si } f(i, j) > S \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

($N \times M$: nombre de colonnes et de lignes de l'image, I : image biaisée, f : valeur fonction de l'image d'origine, S : seuil de banalisation).

Cependant, cette technique pose beaucoup de problème. Le premier est de définir le seuil. La grande majorité des techniques utilisent l'histogramme des niveaux de gris pour choisir le seuil à appliquer. Dans les cadres bayés en, un histogramme peut être vu comme étant la somme des lois de probabilités des différentes classes de l'image. Le bruit étant souvent supposé gaussien, il affecte la probabilité d'observer une classe en étalant sa loi de probabilité initiale, plus ou moins fortement suivant le bruit. En faisant l'hypothèse qu'il existe seulement deux classes générant des lois de probabilités, il faut choisir un seuil où le recouvrement des deux lois est minimal.

Cependant, à cause du bruit, il n'est pas toujours facile de détecter les deux lois de probabilités. Wu et al. Proposent alors de filtrer l'image avec un filtre passe-bas. Ils expliquent que le bruit sur le fond produit plus de hautes fréquences que le texte. Cela permet bien souvent de séparer les deux modes de l'histogramme, et donc facilite le choix du seuil. Mais cette solution ne permet pas de trouver un seuil global (puisque'il n'existe pas, cf. figure 1.18), dans le cas d'une mauvaise illumination du document, ou dans le cas où le texte passerait de noir sur fond blanc à blanc sur fond noir. Pour pallier à ces problèmes, il fallut trouver des techniques permettant d'adapter localement le niveau du seuil. [12]



31 Figure Problème de seuillage global

1.8.2 Seuillage local

Le principe du seuillage local est d'utiliser une étude localisée autour du pixel pour déterminer quel seuil utiliser. Pour réaliser cette étude locale, les techniques utilisent une fenêtre d'étude centrée sur le pixel à étudier. Cette fenêtre peut avoir différentes tailles,

souvent en fonction de la taille moyenne du texte dans le document. Le premier à proposer une technique donnant de bons résultats fut Bernsen en 1986. [12]

$$s(i, j) = (\max(i, j) + \min(i, j))/2$$

Avec :

- $S(i, j)$: seuil à appliquer pour le point i, j .
- $\text{Max}(i, j)$: valeur du niveau de gris maximal dans une fenêtre centrée en (i, j) de taille $N \times M$.
- $\text{Min}(i, j)$: valeur du niveau de gris minimal dans une fenêtre centrée en (i, j) de taille $N \times M$.
- N et M appartenant à \mathbb{N}

Cependant, ce filtre est très sensible au bruit du fond. À cause de la prise en compte du maximum et du minimum uniquement, dans le cas où la fenêtre est uniquement sur du fond, le bruit sera interprété comme objet, car le seuil sera bas.

La même année, Niblack proposa une méthode similaire sur le principe, mais prenant en compte d'autres paramètres. [12]

1.9 Introduction à la vidéo numérique

1.9.1 Définition de la vidéo

Une vidéo est une succession d'images à une certaine cadence. L'œil humain a comme caractéristique d'être capable de distinguer environ 20 images par seconde. Ainsi, en affichant plus de 20 images par seconde, il est possible de tromper l'œil et de lui faire croire à une image animée. D'autre part la vidéo au sens multimédia du terme est généralement accompagnée de son, c'est-à-dire de données audio [13].

1.9.2 Vidéo numérique et analogique

On distingue généralement plusieurs grandes familles d'images animées :

- Le cinéma, consistant à stocker sur une pellicule la succession d'images en négatif. La restitution du film se fait alors grâce à une source lumineuse projetant les images successives sur un écran.

- La vidéo analogique, représentant l'information comme un flux continu de données analogiques, destiné à être affichées sur un écran de télévision (basé sur le principe du balayage). Il existe plusieurs normes pour la vidéo analogique. Les trois principales sont : PAL, SECAM et NTSC.
- La vidéo numérique consistant à coder la vidéo en une succession d'images numériques.
 - ✓ PAL et SECAM

Le format PAL/SECAM (Phase Alternating Line/Séquentiel Couleur avec Mémoire), utilisé en Europe pour la télévision hertzienne, permet de coder les vidéos sur 625 lignes (576 seulement sont affichées car 8% des lignes servent à la synchronisation). A raison de 25 images par seconde pour un format 4 : 3 (c'est-à-dire que le rapport largeur sur hauteur vaut 4/3) [13]. Or à 25 images par seconde, de nombreuses personnes perçoivent un battement dans l'image. Ainsi, étant donné qu'il n'était pas possible d'envoyer plus d'information en raison de la limitation de bande passante, il a été décidé d'entrelacer les images, c'est-à-dire d'envoyer en premier lieu les lignes paires, puis les lignes impaires. Le terme " champ " désigne ainsi la " demi image " formée soit par les lignes paires, soit par les lignes impaires comme indiqué sur la figure suivante.



32Figure: Champs des lignes paires et impaires en vidéo

Grâce à ce procédé appelé " entrelacement ", le téléviseur PAL/SECAM affiche 50champs par seconde (à une fréquence de 50 Hz), soit 2x25 images en deux secondes [13].

✓ NTSC

La norme NTSC (National Télévision Standards Commette), utilisée aux Etats-Unis et au Japon, utilise un système de 525 lignes entrelacées à 30 images/seconde (donc à une fréquence de 60Hz). Comme dans le cas du PAL/SECAM, 8% des lignes servent à

synchroniser le récepteur. Ainsi, étant donné que le NTSC affiche un format d'image 4 : 3, la résolution réellement affichée est de 640x480 [13].

1.9.3 La vidéo numérique

La vidéo numérique consiste à afficher une succession d'images numériques. Puisqu'il s'agit d'images numériques affichées à une certaine cadence, il est possible de connaître le débit nécessaire pour l'affichage d'une vidéo, c'est-à-dire le nombre d'octets affichés (ou transférés) par unité de temps. Ainsi le débit nécessaire pour afficher une vidéo (en octets par seconde) est égal à la taille d'une image que multiplie le nombre d'images par seconde. Soit une image truite coloré (24 bits) ayant une définition de 640 pixels par 480. Pour afficher correctement une vidéo possédant cette définition il est nécessaire d'afficher au moins 30 images par seconde, c'est-à-dire un débit égal à $(900 \text{ Ko} \times 30) = 27 \text{ Mo/s}$.

1.10 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu sur l'image et ses caractéristiques, Ce dernier est le processus qui prend une image en premier lieu est produit une autre image, qui est le résultat d'une telle opération de transformation qui vise à satisfaire la vision humaine. Nous avons essayé aussi de donner un aperçu sur le principe de fonctionnement des traitements d'images les plus utilisées, tel que : la segmentation, le filtrage, le rehaussement de contrastes et d'autre. On expose quelques généralités sur la vidéo numériques. Dans le chapitre suivant, nous nous intéresserons à des généralités sur les principaux espaces couleurs en définissant quelques termes du domaine qui présentent notre point d'intérêt.

2.1 Introduction

Isaac Newton a montré en 1666 que la lumière blanche pouvait être séparée par un prisme en différentes couleurs qui composent le spectre visible. Il s'étale du rouge, orange, jaune, vert, bleu puis violet. La lumière est une onde électromagnétique dont la longueur d'onde va pour le visible de 380 à 780 nm. Dans le domaine de la vision artificielle on peut toutefois travailler dans le domaine de l'invisible, infra-rouge ou ultra-violet. Il est important de noter que la visibilité de la lumière est variable, ainsi chez les animaux, elle ne sera pas identique à celle de l'homme.

La perception humaine de la couleur est liée à la physiologie de l'œil. La rétine est constituée de cellules de deux types différents : les cônes et les bâtonnets. En son centre la vision est surtout assurée par les cônes, elle est excellente et sa qualité est fonction de l'éclairement. En périphérie la vision est médiocre sans notion de couleur, elle fonctionne sur tout en lumière faible et elle est principalement assurée par les bâtonnets. La perception visuelle est la combinaison d'un capteur, l'œil et d'un système d'analyse, le cerveau. La perception des couleurs se définit comme une sensation, elle est donc associée à la subjectivité humaine. L'étude de la couleur couvre de nombreuses branches scientifiques comme la colorimétrie, la photométrie, la radiométrie, la vision couleur. Ces sciences sont toujours associées avec les aspects physiologiques de la perception couleur. L'œil ne sait pas distinguer la couleur pure de celle obtenue par mélange, il décompose donc la couleur suivant un nombre limité de composantes. Nous allons ici présenter les systèmes de base de la colorimétrie avec les différents espaces couleur [14], nous nous intéresserons ensuite aux particularités de l'espace(TSL) [Teinte-Saturation-Luminance].

2.2 La colorimétrie

Nous allons parler de la couleur, des colorants et de la coloration de matière. Le terme « couleur » peut désigner une sorte de lumière, son effet sur l'œil humain ou, plus important encore, son effet dans l'esprit d'un observateur. Les colorants, d'un autre côté, sont des objets purement physiques. Ce sont les teintures et les pigments utilisés lors du processus de

coloration de la matière. La coloration, enfin, est un processus physique, celui d'appliquer de la teinture sur des textiles ou d'incorporer, par dispersion, des pigments dans de la peinture, des encres et des plastiques. [15]

2.2.1 Le stimulus physique

Pour décrire la couleur, nous devons parler à la fois d'actions physiques, telle que la production d'un stimulus sous forme de lumière, et de résultats subjectifs comme la réception et l'interprétation de ce stimulus au niveau de l'œil et du cerveau. Dans un premier temps, nous n'étudierons que l'aspect physique de la couleur, qui est le plus simple.

D'un point de vue purement physique, la production de couleur requiert tout au plus 4 choses : une source de lumière, un objet illuminé, un œil pour détecter le signal et le cerveau pour l'analyser. Bien évidemment, l'œil et le cerveau peuvent être remplacés par un détecteur photosensible, relié à un ordinateur pour le traitement de signal. Bien qu'une source de lumière puisse être observée directement pour en percevoir la couleur, nous nous référerons toujours à un objet illuminé par une source de lumière, à moins qu'il n'en soit spécifié autrement (puisque c'est l'interaction de la lumière avec la matière qui nous intéresse préférentiellement [6]).

2.2.1.1 La lumière

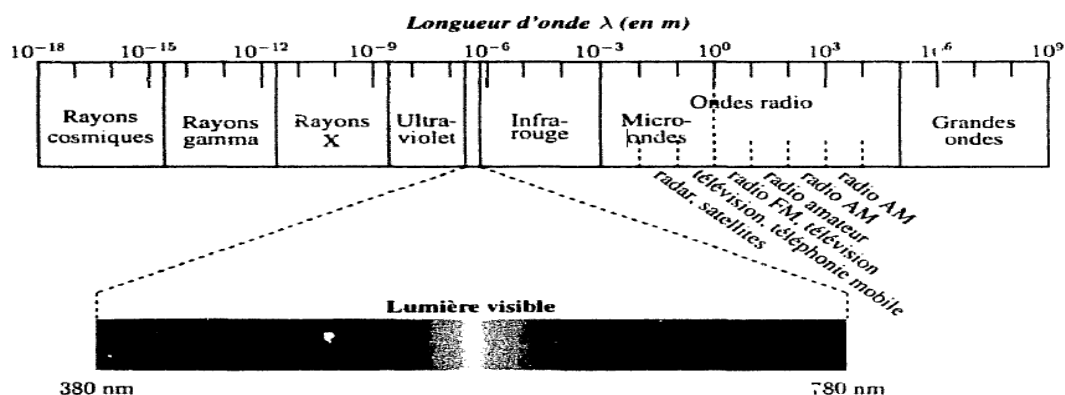
- Définition

C'est une forme d'énergie issue de deux composantes : – une onde électromagnétique ondulatoire – un aspect corpusculaire (les photons) La lumière à une vitesse de déplacement d'environ 300000 km/s, et une fréquence d'environ 600000 GHz.

- Composition de la lumière

Ce que nous appelons lumière visible est en fait la partie du rayonnement électromagnétique émis par le soleil à laquelle nos yeux sont sensibles. L'œil humain ne perçoit que les ondes électromagnétiques dont les longueurs d'onde sont comprises entre environ 380 et 780 nanomètres (nm). Ces longueurs d'onde définissent le domaine du visible. Isaac Newton, en 1666, met en évidence qu'il est possible de décomposer la lumière en un spectre de rayons lumineux à l'aide d'un prisme de verre. Chacun de ces rayons est en fait constitué de

radiations de même longueur d'onde, dites monochromatiques Le spectre correspondant à la lumière visible est appelé le spectre visible (voir figure 1.1) [16]



1Figure : Spectre électromagnétique

La lumière peut être considérée comme un rayonnement d'énergie électromagnétique perceptible par l'homme par le sens de la vue. Chaque radiation, caractérisée par une longueur d'onde, donne une couleur pure. Mais la plupart des couleurs visibles sont composées d'un mélange de plusieurs couleurs pures.[17]

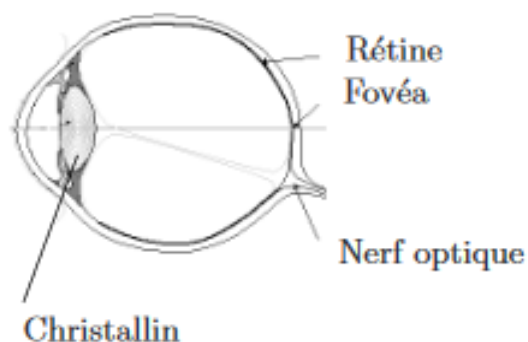
On appelle lumière monochromatique une lumière dont le spectre a une largeur de bande de 1 nanomètre. On a montré - expérimentalement - que l'on pouvait reconstituer toute lumière visible à partir de trois lumières monochromatiques bien choisies. En particulier, il ne faut pas qu'une lumière monochromatique puisse être obtenue à partir des deux autres. Les trois couleurs ainsi choisies sont appelées *couleurs primaires*. Cette expérience est connue sous le nom d'Expérience de Meyer.

2.2.1.2 L'œil et la vision

- Description de l'œil

La partie optique de la couleur se limite à l'œil composé (entre autre) du cristallin et de la rétine (voir Figure 1.2). Le cristallin agit comme une lentille épaisse qui concentre les rayons

lumineux sur la rétine. L'image inversée ainsi obtenue n'est nette que dans la partie centrale de la rétine appelé fovéa. La rétine tient compte de cette caractéristique optique puisque les récepteurs sont beaucoup plus nombreux dans la région nette (la fovéa) que dans les régions périphériques [15].



2Figure schéma simplifiée de l'œil

2.2.3 Les propriétés de la vision

L'œil par ailleurs dispose d'un contrôle reflexe de la quantité de lumière par l'iris celui-ci dilate ou rétracte (de 2 à 8mm de diamètre) son orifice central, la pupille, pour réguler le flux lumineux entrant et éviter l'éblouissement ainsi, une modification du diamètre de la pupille entraîne une variation de la luminosité de l'image.

Le pouvoir séparateur de l'œil c'est le plus petit écart angulaire entre deux points que l'œil peut séparer il est de l'ordre d'une minute d'angle ($1/60^\circ$ de degré). L'œil par ailleurs caractérisé par un phénomène de persistance rétinienne, qui est tel que chaque image captée par la rétine reste un instant en mémoire avant de disparaître. En effet, les influx nerveux qui apparaissent au niveau de la rétine persistent sur celle-ci durant environ 50ms après la fin de l'excitation lumineuse ainsi l'œil voit une succession d'au moins 20 images par seconde, il conserve en mémoire l'image précédente jusqu'à ce que la suivante arrive, sans interruption.

Il perçoit alors une sensation de mouvement et de continuité. Ce phénomène a été démontré par l'Leonard de Vinci à l'époque de la renaissance, et démontré par le chimiste et physicien Michael Faraday en 1825.

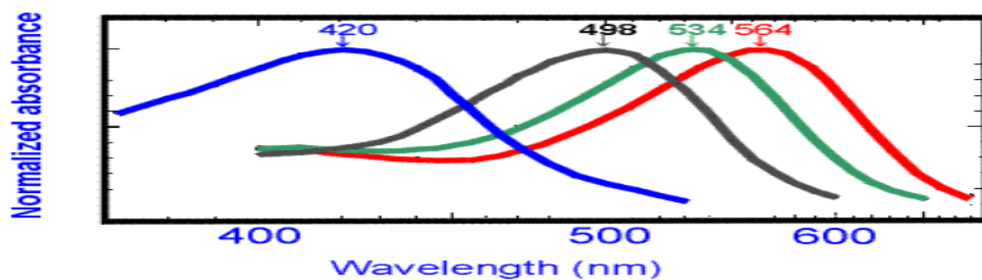
Enfin, l'œil possède un pouvoir de résolution beaucoup plus faible pour les détails de couleurs que pour les détails de luminosité. Cette imperfection est pleinement exploitée par les systèmes de codage de l'image vidéo, dont certains réduisent jusqu'à 75% la quantité d'informations de couleurs par rapport à l'information de luminance. [19]

2. 2.4 Les cônes et les bâtonnets

La vision d'une couleur est un phénomène qui dépend de deux sensations élémentaires : d'une part celle liée à la teinte, d'autre part celle liée à la luminosité. Ces deux sensations font intervenir deux sortes de cellules photosensibles de la rétine, de nombre et de distribution très inégaux, respectivement les cônes (de 6 à 8 millions) et les bâtonnets (environ 125 millions) [15]

Les cônes, qui fonctionnent en vision diurne, et sont sensibles à la couleur. Ils sont environ $7 \cdot 10^6$, répartis en trois sortes.

- cônes « R » sensibles aux grandes longueurs d'ondes environ 30%
- cônes « V » sensibles aux moyennes longueurs d'ondes, environ 60%
- cônes « B » sensibles aux courtes longueurs d'ondes, environ 10%



3Figure : Absorbances relatives des pigments des différentes cellules réceptrices

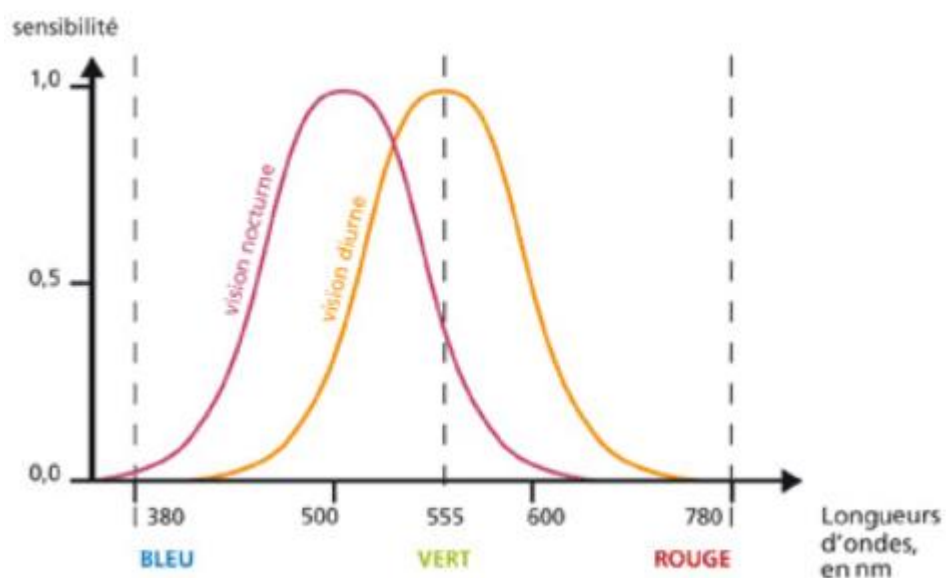
Les bâtonnets, beaucoup plus sensibles, et qui fonctionnent à des niveaux d'éclairage compris entre 10^{-5} et 1 lux environ. Il n'y a qu'une sorte de bâtonnets et ils ne permettent donc pas de distinguer les couleurs (« la nuit tous les chats sont gris »). Leur maximum de sensibilité est déplacé vers le bleu par rapport aux cônes (cf. courbes ci-dessous) : c'est l'effet Purkinje, qui se manifeste dans l'aspect noir que prennent les objets rouges en vision nocturne. Citons aussi comme application l'usage de lunettes rouges sous éclairage normal

pour ne pas saturer les bâtonnets lorsqu'on veut garder une accoutumance à la vision de nuit.
[16]

La rétine renferme deux types de cellules photosensibles comme en a dit : les cônes sont responsables de la sensation colorée –si la quantité de lumière est suffisante, tandis que les bâtonnets n'interprètent que la luminosité.[6]

2.2.5 La courbe de visibilité relative

Précisons que lorsque nous parlons de variation de sensibilité relative de l'œil en fonction de la longueur d'onde, nous ne considérons que notion de luminosité. Cette courbe (fig1.4) valable pour un éclairage moyen, révèle que l'œil réagit de manière sélective aux différentes couleurs certaines paraissant plus lumineuses que l'autre. La sensation lumineuse la plus forte est obtenue pour la couleur vert-jaune correspondant à la longueur d'onde 555nm (en vision diurne). En revanche la visibilité des rouges d'une part et des bleus d'autre part est beaucoup plus faible. Cela signifie que pour ressentir une impression de luminosité équivalente, l'œil a besoin davantage d'énergie bleu ou rouge que d'énergie verte. Cependant toutes les grandeurs photométriques et colorimétriques se référant à la courbe en vision diurne, qui a été adoptée en 1931 par la (CIE) comme courbe de luminosité standard [19].



4Figure Courbes de sensibilité relative globale de l'œil en fonction de la longueur d'onde(λ)
Pour la vision diurne $V(\lambda)$ Pour la vision nocturne.

2.2.6 La couleur d'un objet

➤ **Qu'est-ce que la couleur ?**

La couleur est la sensation reçue par notre système visuel (les yeux, plus le cerveau) lorsque les objets que nous regardons reçoivent de la lumière dont les longueurs d'onde (λ) sont comprises entre 400 et 700 nm environ. Ainsi les couleurs trouvent leur origine dans la séparation de la lumière blanche naturelle en composantes absorbées et composantes réfléchies. Toute source lumineuse visible est composée d'un mélange d'ondes électromagnétiques cohérentes (i.e. couleurs pures). Les propriétés de l'œil qui perçoit le message visuel et le transmet au cerveau influent également sur la perception de la couleur. Si nous considérons un observateur normal dont les yeux sont sensibles aux trois couleurs fondamentales (rouge, vert et bleu). Certaines personnes sont cependant atteintes d'anomalies qui altèrent et faussent la vision des couleurs. C'est le célèbre chimiste Dalton qui a découvert et étudiées anomalies d'où le nom de « daltoniens » donné aux sujets les plus marqués. On distingue par l'ordre de gravité croissante [19].

-le trichromatisme anormal : la sensibilité aux trois couleurs est conservée, mais la courbe spectrale de l'œil s'écarte sensiblement de la moyenne. C'est souvent vers les couleurs rouge et orangée que se manifestent les déficiences

- ✓ le dichromatisme : le sujet ne voit plus deux des trois couleurs fondamentales il ne possède que deux types de cônes et présente une cécité totale soit au vert, soit au rouge.
- ✓ l'achromatisme : le sujet ne perçoit le monde qu'en noir et blanc, ce cas est cependant extrêmement rare.

La première initiative majeure permettant de résoudre le problème fut, en 1931, l'adoption par la commission internationale de l'Eclairage (CIE) de diagrammes normalisés spécifiant la manière dont la distribution de l'énergie spectrale (DES) de n'importe quelle couleur visible pouvait être transformée en une série de valeurs chiffrées « égalisant » les stimuli visuels ressentis par un observateur [19].

2.2.6.1 Attributs de la couleur

La vision d'une couleur est liée à trois sensations distinctes traduites par des grandeurs subjectives qui sont au nombre de trois (Teinte, Saturation « ou pureté » et la Luminosité « ou intensité ») ces trois grandeurs permettent de désigner n'importe quelle couleur.

- **Teinte**

la teinte est caractéristique que notre éducation nous fait exprimer dans le langage courant par les adjectifs tel que rouge, jaune, bleuelle est déterminée en colorimétrie par la longueur d'onde dominante de la couleur considérée.[6]

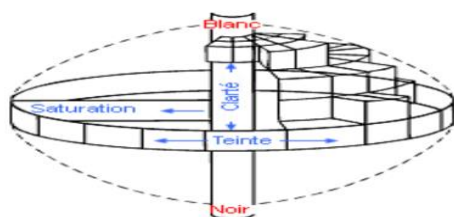
- **Saturation**

La saturation est l'intensité d'une teinte, directement liée à la pureté de la radiation dit qu'une couleur pure a un facteur de pureté égal à un quand elle ne comporte aucune trace de lumière blanche ; elle est saturée à son maximum. Une couleur qui contient un taux relativement élevé de lumière blanche est dite « désaturée » ou « délavée » ; c'est le cas des teintes pastel. Le facteur de pureté caractérise donc le mélange d'une couleur avec du blanc. Par exemple, rouge vif très saturé deviendra de plus en plus rose au fur et à mesure qu'on lui ajoutera du blanc.

- **Luminosité**

La luminosité qualifie l'impression d'intensité ou de brillance d'une lumière, que l'on exprime par les adjectifs « clair » ou « foncé ». la luminosité est liée à la sensibilité de celui-ci en fonction de la longueur d'onde.

Une couleur peut être vive (claire et saturée), pâle (claire et désaturée), profonde (foncée et saturée) ou bien rabattue (foncée et désaturée).



5Figure .teint saturation luminosité

2.2.6.2 Les filtres

Un filtre est un corps transparent généralement constitué de verre teinté ou de feuille de gélatine.il absorbe une partie de la lumière qui frappe et laisse passer l'autre partie. On distingue deux catégories de filtres : les « neutres » et les « colorés »

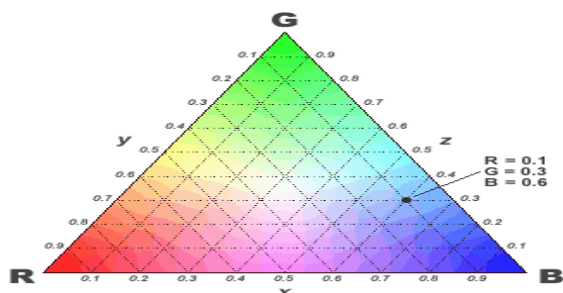
Un filtre neutre absorbe la même proportion de toutes les composantes de la lumière incidente. Après avoir traversé ce filtre, le faisceau lumineux perd en intensité mais conserve sa composition spectrale, donc sa teinte.

Un filtre coloré modifie les proportions relatives des composantes de la lumière, interceptant certaines radiations et en laissant passer d'autres. Par exemple, un filtre rouge absorbe presque toutes les radiations autres que celles correspondant aux longueurs d'onde du rouge .Si l'on projette sur ce filtre rouge une lumière exempte de rouge, aucune lumière ne doit théoriquement le traverser. On retiendra qu'un filtre coloré éclaircit sa couleur et les couleurs voisines, et assombrit sa couleur complémentaire [19].

2.2.6.3 La trichromie

Fondée sur les travaux de Young et de maxwell, la **trichromie** ou théorie trichromatique de la couleur rassemble en une seule théorie les principes de la synthèse additive et la synthèse soustractive et prédit que trois couleurs suffisent à créer toutes les autres. Ce système, qui découle du principe de la vision humaine, est donc basé sur trois couleurs fondamentales.

La représentation classique du modèle trichromatique s'appuie sur le cercle chromatique qui peut revêtir des aspects relativement différents selon l'espace colorimétrique qu'il désigne [19].



6Figure maxwell

2.2.6.4 Les primaires de la CIE

Une expérience classique montre qu'il est possible d'égaliser tous les couleurs du spectre visible par un mélange additif. Ces couleurs primaires, qui sont normalisées par la commission international de l'éclairage(CIE) pour forme un système R, V, B de référence sur la base des radiations monochromatiques suivantes ;

Rouge : 700.0nm- vert : 546.1nm- bleu : 435.8nm

Chacun de ces radiations est ajustée de manière que la somme des trois produise visuellement une lumière blanche .La radiation rouge est obtenue avec une lampe à incandescence et un filtre rouge normalisé, les radiations verte et bleue correspondent respectivement à la raie verte et à la raie bleue de l'arc au mercure [19].

2.2.6.5 La synthèse des couleurs

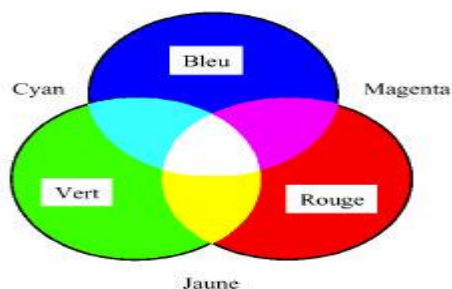
La synthèse des couleurs consiste à reproduire l'ensemble des couleurs visibles à partir d'un petit nombre de couleurs, appelées couleurs primaires. Le but est de créer un rayonnement lumineux produisant la même couleur perçue que la couleur d'origine, sans reconstruire son spectre complet. On utilise soit des sources lumineuses, soit des pigments colorés. La synthèse additive est la construction des couleurs par addition de sources lumineuses Plus on ajoute des composantes lumineuses, plus la couleur obtenue est claire .la synthèse additive se traduit par l'équation chromatique suivante

$$C = r(R) + v(V) + b(B)$$

L'absence de lumière (R=V=B=0) donne le noir. La somme des 3 couleurs primaires R+V+B donne le blanc. La synthèse soustractive est la construction des couleurs à partir de pigments colorés, Plus on ajoute de pigments colorés, plus la lumière n'est absorbée et la couleur

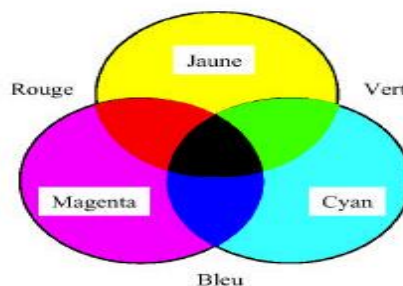
obtenue est sombre. Les 3 couleurs primaires de la synthèse soustractive sont le Cyan (C), le Magenta (M) et le Jaune (J). Chacune absorbe une des couleurs primaires de la lumière. Le Cyan absorbe le Rouge, le Magenta absorbe le Vert et le Jaune absorbe le Bleu. L'absence de pigment donne le blanc [16].

La somme des 3 primaires C+M+J donne le noir.



k

7figure: Synthèse additive



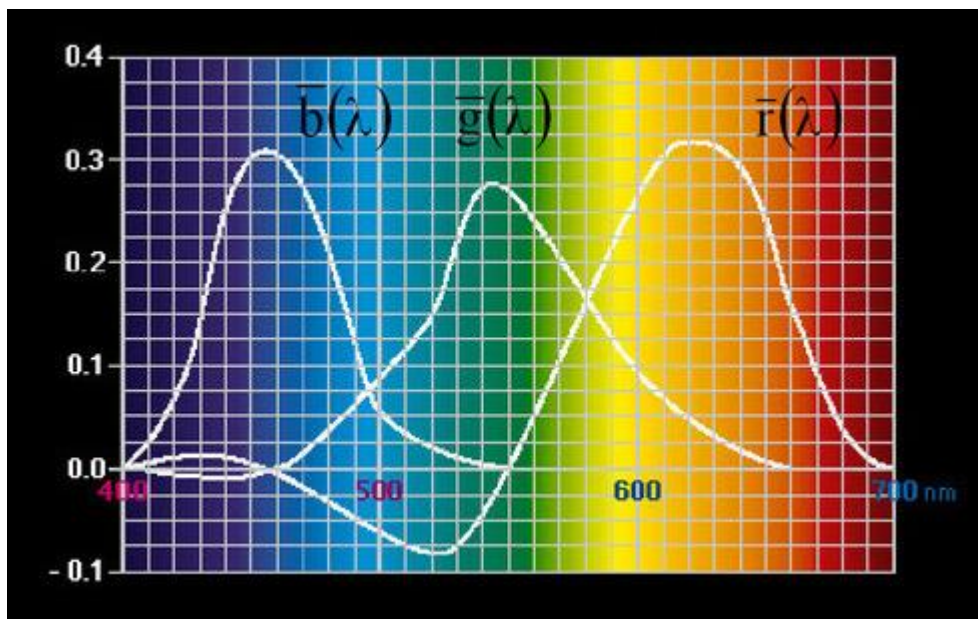
8figure : synthèse soustractive

2.2.6.6 Les composantes trichromatiques

La courbe tracées sur la figure (1.8) représentent les quantités (r,v,b) de chaque primaire (R,v,B) nécessaires à la égalisation de chacune des radiations monochromatiques du spectre visible. Ces coefficients (r, v, b) sont appelés « coefficients trichromatiques » [19].

La trichromie présente trois intérêts majeurs. Elle permet de :

- ✓ repérer simplement et de façon universelle une couleur donnée au moyen de trois valeurs qui sont ses composantes trichromatiques ;
- ✓ définir les trois composantes trichromatiques d'une lumière dont on connaît la composition spectrale, de manière à en déduire sa teinte, sa saturation et sa luminance ;
- ✓ déterminer par avance au moyen d'un calcul la couleur qui résultera du mélange de plusieurs autres couleurs.



9Figure : Fonctions colorimétriques RGB

2.2.7. Espaces de couleur

La compréhension de la perception de la couleur est une problématique complexe, en constante évolution, à la frontière de plusieurs disciplines. Pour la discipline STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication), la manipulation des couleurs passe tout d'abord par le choix d'une espace paramétrique permettant différentes représentations de couleurs. Cet espace peut s'appuyer sur des grandeurs physiques, Physiologiques, mathématiques [19]. L'espace RVB est, par exemple, utilisé dans le domaine de l'informatique et du multimédia tandis que l'espace CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black), le complémentaire de l'espace RGB, est utilisé en imprimerie pour des raisons pratiques [6]. La vision de la couleur par l'œil humain [6] est en effet un phénomène complexe et partiellement connu, faisant intervenir des millions de cellules (cônes) disposées sur la rétine, et connectées grâce au nerf optique à des milliers de neurones constituant le cortex visuel [19]. Beaucoup de modèles se basant sur la perception de la couleur par l'œil humain ont été développés, notamment par la CIE (Commission Internationale de l'Éclairage). L'espace CIE-XYZ, par exemple, a été élaboré en mesurant un ensemble de statistiques sur un très grand nombre de personnes. Ainsi à chaque couleur perçue correspond une coordonnée dans l'espace XYZ. L'espace TSL (ou HSV en langue anglaise) et ses variantes (HSL (Luminance), HSI

(Intensité) sont basés sur la perception physiologique de la couleur par l'œil humain, en introduisant des notions de Teinte ("Hue"), Saturation ("Saturation") et de Luminance ou intensité ("Value").

De nombreux travaux ont été menés pour mettre au point de nouveaux espaces de représentation des couleurs pour des utilisations et des contraintes bien particulières, notamment dans le domaine de la vidéo de la robotique, de la synthèse d'image et de la reconnaissance d'objets [19].

2.2.7.1 L'espace RVB

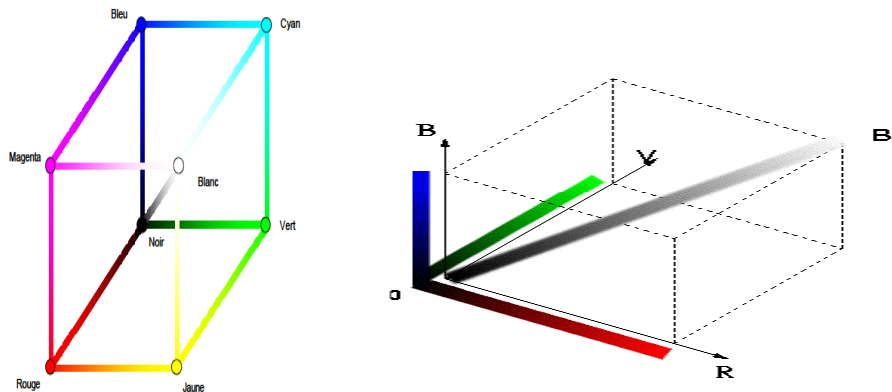
L'espace de couleurs RVB demeure le plus répandu. En effet, il est implémenté dans la plupart des outils matériels de visualisation (écran, vidéo projection...). Dans cet espace, un pixel est codé par trois composantes *Rouge*, *Vert* et *Bleu*, de valeurs à l'intérieur d'un cube unité. Cet espace a été développé en fonction des connaissances liées à la vision humaine, les cônes étant plus sensibles à ces trois couleurs. Ce modèle est additif, ce qui signifie que toutes les couleurs sont déduites à partir du noir ($R = V = B = 0$) en ajoutant plus ou moins certaines composantes. Dans cet espace, chaque composante est donc définie par une valeur entre 0 et 1 (ou entre 0 et 255 selon le standard) [6], par exemple :

(0,0, 0) = noir
(1,1 ,1) = blanc
(1,0 ,0) = rouge
(0,1 ,0) = vert
(0,0, 1) = bleu
(0,1 ,1) = cyan
(1,0, 1) = magenta
(1,1 ,0) = jaune

Tableau (2.1)

De ce fait elles doivent être normalisées de la même façon, ce qui est quelquefois contraignant. Le principal inconvénient de ce modèle réside dans la manipulation même des couleurs. En effet, si on veut augmenter la luminosité d'une couleur, il faut incrémenter proportionnellement chaque composante étant donnée la corrélation entre les plans R, V

et B. Ces contraintes font du modèle additif des couleurs (RVB), un espace de couleurs peu approprié à la représentation d'images multi composantes sous la forme d'une image de couleurs. Il s'avère donc préférable pour nos opérations sur les observations astronomiques multi bandes, d'utiliser le modèle psycho visuel TSL basé sur la perception de la couleur par l'œil [18].



10Figure représentation de l'espace RVB

En ce qui est de la figure (10) que le Noir (0,0,0) est situé à l'origine du repère. Les couleurs primaires sont situées sur les 3 axes à la distance 1.

2.2.7.2 L'espace XYZ

L'espace CIE-XYZ a été créé et en 1931 par la CIE, à partir de mesures sur de nombreuses personnes ("l'œil moyen"). Les 3 primaires X, Y, Z sont définies comme une combinaison linéaire des 3 primaires monochromatiques R, V, B normalisées par la CIE.

$$X=2.77R+1.75V+1.13B$$

$$Y= R+4.59V+0.06B$$

$$Z= 0.05V+5.59B$$

Ces nouvelles primaires X, Y, Z sont dites « irréelles », car elles ne correspondent à aucune lumière que l'on peut produire. Dans la pratique, il a été convenu d'effectuer un changement d'échelle et d'utiliser les coefficients trichromatiques réduits x, y, z vérifiant la relation

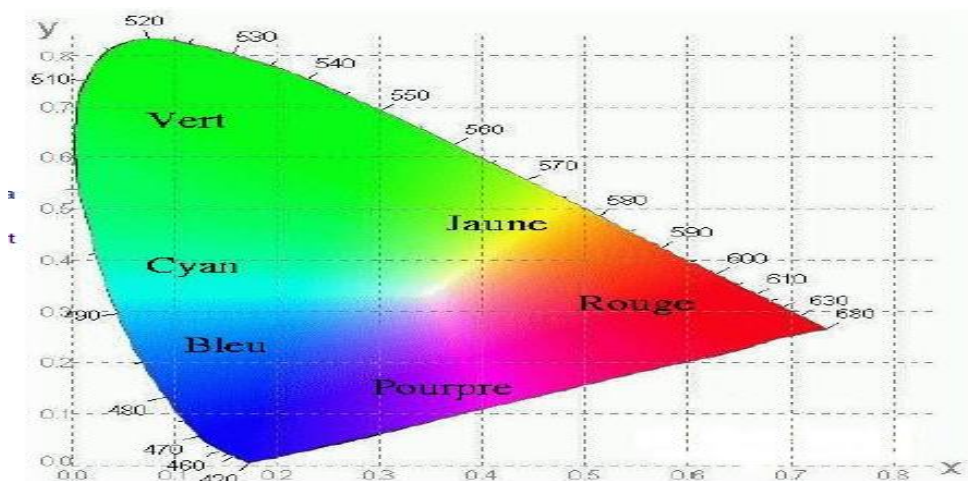
$$X + Y + Z = 1$$

La connaissance de seulement deux de ces coefficients permet d'en déduire le troisième :

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} ; \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} ; \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

La calcul de x,y, z pour chaque couleur spectrale conduit aux trois nouvelles courbes de la figure ((1.12), dont on remarque immédiatement qu'elles ne présentent aucun lobe négatif [14].

La CIE a défini un espace des couleurs x, y qui présente deux avantages fondamentaux par rapport à l'espace RVB : élimination des coordonnées négatives et séparation de la luminance et de la chrominance.



11Figure Le diagramme de chromaticité x y avec les lieux des principales couleurs

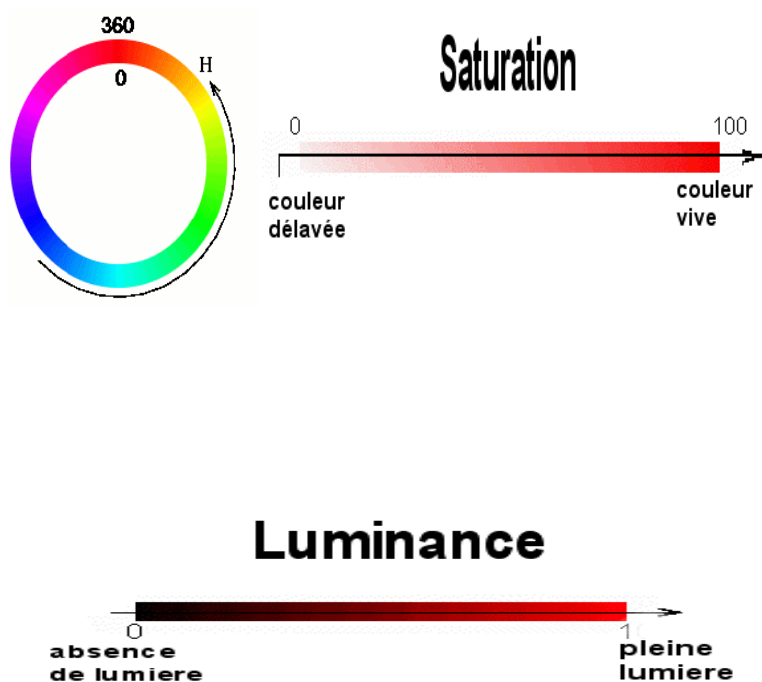
2.2.7.3 L'espace TSL (/HSV*-HLS*)

TLS (Teinte, Luminance, Saturation) ou HSV (Hue, Saturation, Value) ou HLS (Hue, Luminance, Saturation).

L'espace colorimétrique TSL (Teinte, Saturation, Luminance) a été développé pour réaliser une manipulation intuitive des couleurs et permettre une sélection manuelle facile dans les applications interactives de type PAO. Il permet de décomposer une couleur en trois critères physiologiques

- la teinte qui correspond à la perception de la couleur, $0 \leq T \leq 360$
- la saturation qui correspond à la pureté de la couleur (vif ou terne), $0 \leq S \leq 1$
- la luminance correspondant à la quantité de lumière de la couleur (clair ou sombre),
 $0 \leq L \leq 1$

Le modèle de couleurs TSL est utilisé pour la manipulation de la teinte et de la saturation car il permet de modifier directement ces valeurs (contrairement au modèle RVB). Les trois composantes TSL définissent un cône représenté dans la fig 44.a où l'ensemble des couleurs représentables y est également synthétisé (fig. 44). Le principal avantage de cet espace est que chacune de ses composantes est reliée à une grandeur physique facilement interprétable visuellement. Ainsi augmenter la luminosité d'une couleur se fera uniquement en augmentant la composante L. Cette propriété permet de s'affranchir de la corrélation entre la teinte, la luminance et la saturation et offre ainsi un contrôle plus souple dans la manipulation des couleurs. Ce sont les raisons pour lesquelles l'espace de représentation des couleurs TSL a été retenu [6].



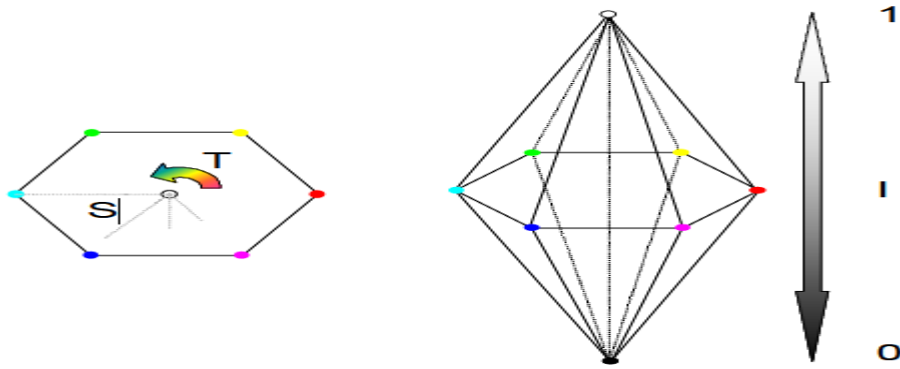
12Figure l'espace TSL

2.2.8 Les systèmes de couleurs

La recherche de moyens pour désigner les couleurs dans le domaine de l'infographie a permis la définition de quelques modèles de représentation des couleurs. Les modèles RVB, CMJ, et YIQ font l'objet du paragraphe ci-après. Ils constituent une approche orientée vers le matériel et sont faciles à implanter sur une machine. Par contre, ils ne sont pas d'une utilisation très simple, car ils ne correspondent pas à l'intuition des couleurs du système œil-cerveau de l'homme. D'autres modèles sont basés sur la perception subjective. Ils ont été introduits pour modéliser les qualités intuitives ou psychophysiologiques des couleurs. Si on ne dispose que d'un nombre limité de couleurs, l'usage des termes du vocabulaire courant suffit pour désigner celles-ci. Ainsi, un système baptisé CNS (Colore Naming System) a été introduit en 1986 par Kaufman pour spécifier les couleurs [29]. Basé sur la langue anglaise, il permet de décrire les couleurs avec des règles syntaxiques strictes. Cependant, comme sur les machines actuelles on peut disposer de plusieurs millions de couleurs, on utilise la plupart du temps des systèmes numériques. Deux d'entre eux, les systèmes TSI et TSL, sont présentés ici

2.2.8.1 Le modèle TSL (Teinte, Saturation, Luminance)

Ce modèle, dû à Smith en 1978, est fondé sur l'expérience intuitive de la perception de la couleur et utilise des notions de teinte, saturation et luminance. Il est défini par un espace en forme d'hexagone (Figure 1.17) dont l'axe de symétrie est l'axe de la luminance. La base de l'hexagone correspond à $L=1$ et contient donc toutes les couleurs d'intensité maximale. La teinte T est mesurée par l'angle, en degrés, autour de l'axe vertical duquel il faut tourner, le rouge étant à 0° , pour atteindre la couleur spécifiée. Enfin, la saturation varie de 0 à 1, de l'axe du cône aux côtés de l'hexagone [6].

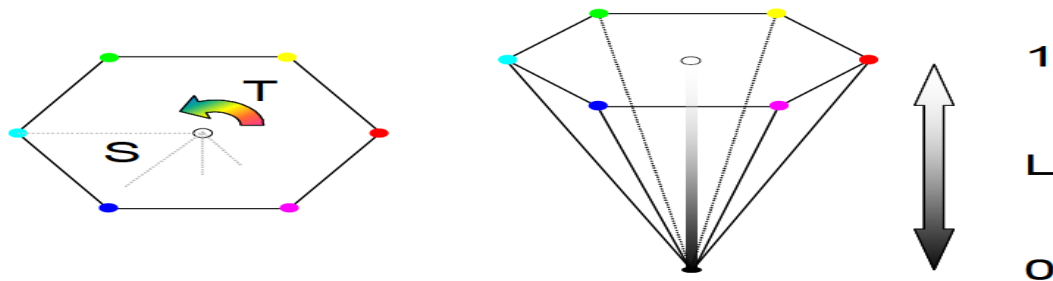


13Figure) : Le système de couleurs TSL

Les valeurs intermédiaires de l'axe représentent les niveaux de gris. Le plan supérieur du cône correspond à ce que l'on voit en regardant le cube RVB suivant la direction de la diagonale principale, le blanc étant visible [16].

2.2.8.2 Le modèle TSI (Teinte, saturation Intensité)

Ce modèle, basé sur les travaux d'Ostwald, forme un sous-espace en forme de double-cône (Figure 1.16). La teinte est définie par l'angle autour de l'axe vertical du double-cône. Les couleurs apparaissent dans l'ordre rouge, jaune, vert, cyan, bleu et magenta. La saturation est mesurée radialement à partir de l'axe et varie de 0 à 1. L'intensité varie de 0 (noir) à 1 (blanc).



14Figure : Le modèle TSI

- ✓ Il s'agit de quantités utilisées dans différents modèles, en particulier les modèles TSL et TSV qui nous intéressent ici.
- ✓ Teinte. La teinte T est un angle $\theta \in [0; 360]$ exprimé en degrés. Il représente la « couleur » de la couleur (!) et correspond à un point sur la roue des couleurs. On s'attend évidemment à ce que les gris n'aient pas de teinte bien définie... Par conséquent, la Teinte ne sera pas définie sur l'axe des gris. La formule de conversion (R; G; B) $\rightarrow T$ diffère suivant les sources. Il s'agit essentiellement comme on l'a vu, de paramétrer par un angle l'hexagone de la roue des couleurs du cube. Les quantités suivantes seront utilisées

$$M = \max(R; G; B)$$

Et

$$m = \min(R; G; B)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T = 60 \frac{G-B}{M-m} \quad \text{si } M=R \\ T = 120 + 60 \frac{G-B}{M-m} \quad \text{si } M=G \\ T = 240 + 60 \frac{G-B}{M-m} \quad \text{si } M=B \end{array} \right. \dots \dots \dots (1)$$

- ✓ Saturation. La saturation S est une quantité qui exprime le « contraste de couleur » d'une couleur. Elle est comprise entre 0 (dé saturation totale) et 1 (saturation totale), ou bien entre 0 et 100 en multipliant par 100 (et on la voit alors comme un pourcentage de saturation). Même si la formule (R; G; B) $\rightarrow S$ est différente selon les modèles, il faut penser à S comme à une mesure radiale. Les gris seuls seront les couleurs totalement désaturées. Ce sont les couleurs pour lesquelles les trois composantes RGB sont identiques. On peut donc s'attendre à ce que la Saturation

d'une couleur prene en compte la décence entre ses composantes RGB, et c'est bien le cas dans les formules | mais cela peut se faire de façons différent [17].

2.3. Luminosité, Valeur, etc... Cette quantité exprime la "clarté" des couleurs. Elle dépend explicitement des modèles en ce sens que son nom change suivant le modèle (alors que la saturation, elle, a toujours le même nom même si sa formule diffère). Elle est comprise entre 0 et 1, ou bien entre 0 et 100 en multipliant par 100. En pratique, cette grandeur s'obtient en faisant une "moyenne" des composantes RGB d'une couleur

Formules. Un consensus semble se dégager autour de la Valeur

$$V = M = \max(R; G; B)$$

Qui ne prend donc en compte que la plus grande des composantes R; G; B.

Pour la saturation, deux variantes sont possibles

:

$$S = \frac{M-m}{M} \text{ (Modèle cylindrique)}$$

Ou

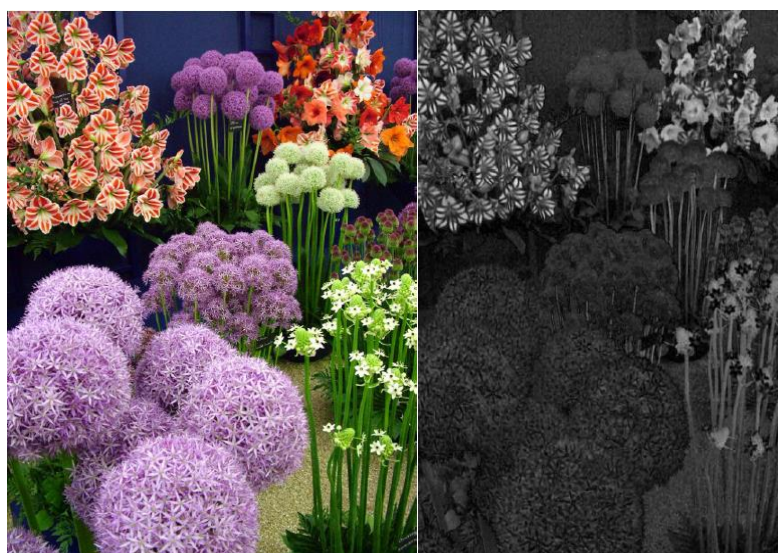
$$S = \frac{M - m}{M - m} \text{ (Modèle conique)}$$

En anglais : HSL (L = Luminosité) On prend :

$$\left\{ \begin{array}{l} L = \frac{M+m}{2} \in [0, 1] \\ S = \frac{M - m}{2L} \text{ Si } L \leq 0.5 \\ \text{Sinon} \\ S = \frac{M - m}{2 - 2L} \end{array} \right.$$

Couleur	R	V	B	H	L	S	H	S	V
Noir	0	0	0	-	0	0	-	0	0
Blanc	255	255	255	-	1	0	-	0	1
Gris	G	G	g	-	0...1	0	-	0	01
Rouge	255	0	0	0	0.5	1	-	1	1
Jaune	255	255	0	60°	0.5	1	60°	1	1

TABLEAU (1.2) spécifications des couleurs, modèles RVB, HLS ET TSL



15 figure A(image original)

B Composante saturation



16Figure (C Composante teinte)

d Composante valeur

2. 3 Conclusion

Ce chapitre expose les notions de base de la colorimétrie, passage obligé entre le monde réel et celui des systèmes de reproduction d'images. Après un rappel indispensable de quelques généralités sur la nature de la lumière et le principe de la vision humaine, nous nous sommes focalisé sur les propriétés de trichromie et sur les différents espaces géométriques permettant de la placer les couleurs. Enfin nous avons présenté le modèle TSL.

Table des matières

I.	Remerciements	
II.	Dédicaces	
III.	Résumé	
IV.	Table des figure et liste de tableau	
	Introduction générale	1
	Chapitre I. Généralités sur le traitement d'images	3
	1.1 Introduction	3
	1.2 Définition d'une image	3
	1.3 Image numérique	4
	1.3.1 Définition de l'image numérique	4
	1.3.2 Les formats d'images	4
	1.3.3 Les Types d'images	5
	1.4 Caractéristique d'images	7
	1.4.1 Courbe tonale	7
	1.4.2 Résolution	8
	1.4.3 Connexité dans les images	9
	1.4.4 Le bruit dans une image	10
	1.5 Avantages et inconvénients de l'image numérique	11
	1.6 Prétraitement d'image	11
	1.6.1 Amélioration du contraste	11
	1.6.1.1 Histogrammes	12
	1.6.1.2 Histogrammes des images en niveaux de gris	12
	1.6.1.3 Histogramme des images couleurs	12
	1.6.1.4 Courbes de modification des histogrammes	13
	1.6.1.5 Contours et textures	15
	1.6.1.6 Luminance	15
	1.6.1.7 Recadrage de la dynamique :	18
	1.6.2 Réduction du bruit dans d'image	21
	1.6.2.1 Définition du Filtrage	22
	1.6.2.2 Filtrage linéaire	24
	1.6.2.3 Filtres non linéaires	28

I.7. Segmentation	29
1.8.1 Seuillage global	32
1.8.2 Seuillage local	32
1.9 Introduction à la vidéo numérique	34
1.9.1 Définition de la vidéo	34
1.9.2 Vidéo numérique et analogique	34
1.9.3 La vidéo numérique	35
1.10 Conclusion	36
Chapitre II. Coloration des images et vidéos dans l'espace TSL	37
2.1 Introduction	37
2.2 La colorimétrie	37
2.2.1 Le stimulus physique	38
2.2.1.1 La lumière	38
2.2.1.2 L'œil et la vision	39
2.2.3 Les propriétés de la vision	40
2.2.4 Les cônes et les bâtonnets	41
2.2.5 La courbe de visibilité relative	42
2.2.6 La couleur d'un objet	43
2.2.6.1 Attributs de la couleur	44
2.2.6.2 Les filtres	45
2.2.6.3 La trichromie	45
2.2.6.4 Les primaires de la CIE	46
2.2.6.5 La synthèse des couleurs	46
2.2.6.6 Les composantes trichromatiques	47
2.2.7. Espaces de couleur	48
2.2.7.1 L'espace RVB	48
2.2.7.2 L'espace XYZ	50
2.2.7.3 L'espace TSL (/HSV* -HLS*)	51
2.2.8 Les systèmes de couleur	53
2.2.8.1 Le modèle TSL (Teinte, Saturation, Luminance)	53
2.2.8.2 Le modèle TSI (Teinte, saturation Intensité)	54
2.3 Conclusion	57
Chapitre III. Tests et résultats	58
3.1 Introduction	58

3.2	Environnement de développement.....	58
3.3	Environnement matériel.....	58
3.4	Environnement logiciel.....	58
3.5	Changement de format de l'image sous Matlab :.....	59
3.6	Coloration dans l'espace TSL.....	60
3.7	Conclusion.....	67
	Conclusion générale.....	68
	Bibliographie.....	69

3.1 Introduction

Ce chapitre présente tout d'abord la partie logicielle et matérielle utilisée pour le développement de ce projet, ensuite la partie test et résultats expérimentaux.

3.2 Environnement de développement

Dans cette chapitre, nous présenterons l'environnement matériel et logiciel de notre travail

3.3 Environnement matériel

Afin de mener à bien ce projet, il a été mis à notre disposition un ensemble de matériels dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Un micro- ordinateur Dell avec les caractéristiques suivantes :
- Processeur: Intel(R) Core(TM) i5-6200U CPU @ 2.30GHz 2.40GHz
- Memoir installée (RAM): 8, 00go
- Carte graphique : AMD Radeon (TM) R5 M335
: Intel(R) HD Graphics 520
- Systems: Windows 8.1
- Une Caméra: HD.

3.4 Environnement logiciel

De ce fait, le traitement d'images est l'ensemble des méthodes et techniques opérant sur celles-ci, dans le but de rendre cette opération possible, plus simple, plus efficace et plus agréable, d'améliorer l'aspect visuel de l'image et d'en extraire des informations jugées pertinentes. Dans ce cadre s'inscrit ce projet qui porte sur le développement d'une application permettant d'intégrer sous une seule interface graphique des outils de traitement et de manipulation d'images. Cette application sera développée sous Matlab à l'aide du toolbox GUID.

- ✓ Réalisation d'une interface graphique sous la boîte à outil GUIDE de Matlab
- Pourquoi a-t-on choisi Matlab ?

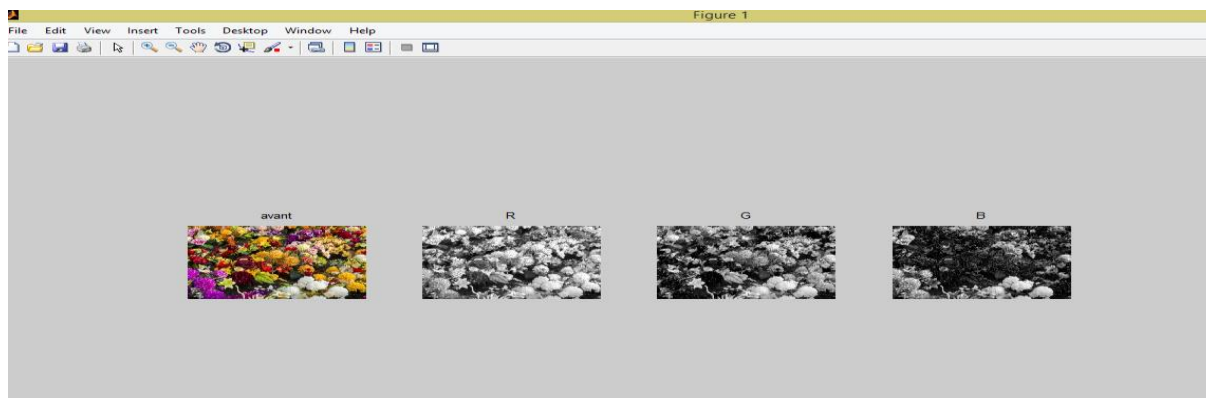
MATLAB permet le travail interactif soit en mode commande, soit en mode programmation, tout en ayant toujours la possibilité de faire des visualisations graphiques. Il possède les particularités suivantes :

- ✓ Puissance de calcul
- ✓ la continuité parmi les valeurs entières, réelles et complexes.
- ✓ l'étendue de gamme des nombres et leurs précisions.
- ✓ la compréhension de la bibliothèque mathématique.
- ✓ l'inclusion des fonctions d'interface graphique et des utilitaires dans l'outil graphique.

3.5 Changement de format de l'image sous Matlab :

L'œil humain possède des récepteurs pour les trois couleurs primaires rouge, vert et bleu. Ainsi, tous les espaces couleur ont trois dimensions. Il ya plusieurs espaces de couleurs disponibles, les plus connus étant RVB (Rouge-Vert-Bleu), HSV (Hue-Saturation-Valeur)

Conversion en intensité RGB



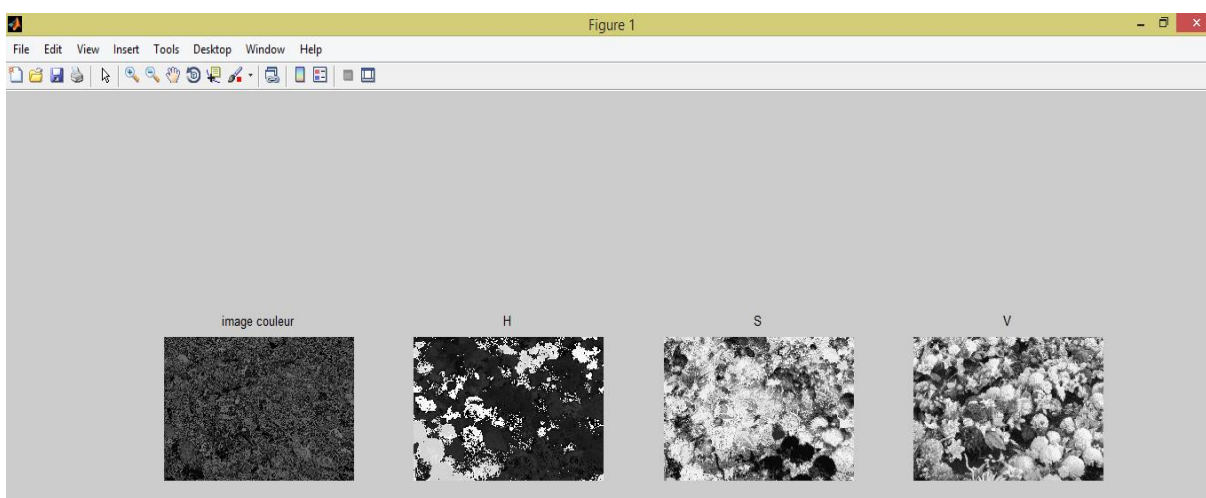
1 Figure : Résultats de la conversion en RGB

- Conversion avec la représentation HSV

HSV est un terme anglais qui signifie (hue, saturation, value) ou encore en français TSV (teinte, saturation, valeur). Il s'agit d'un espace colorimétrique, défini en fonction de ses trois composantes :

On code la teinte suivant l'angle qui lui correspond sur le cercle des couleurs (0° ou 360° : rouge 60° : jaune; 120° : vert ; 180° : cyan ; 240° : bleu ; 300°). La saturation est l'intensité de la couleur et elle varie entre 0 et 100 %. Plus la saturation d'une couleur est faible, plus l'image sera « grisée » et plus elle apparaîtra fade, il est courant de définir la « désaturation » comme l'inverse de la saturation. Enfin la valeur est la « brillance » de la couleur et elle varie entre 0 et 100%. Plus la valeur d'une couleur est faible, plus la couleur est sombre.

Le modèle TSV a été créé en 1978 par Alvy Ray Smith. C'est une transformation non-linéaire de l'espace de couleur RVB, et peut être utilisé en progression colérique.

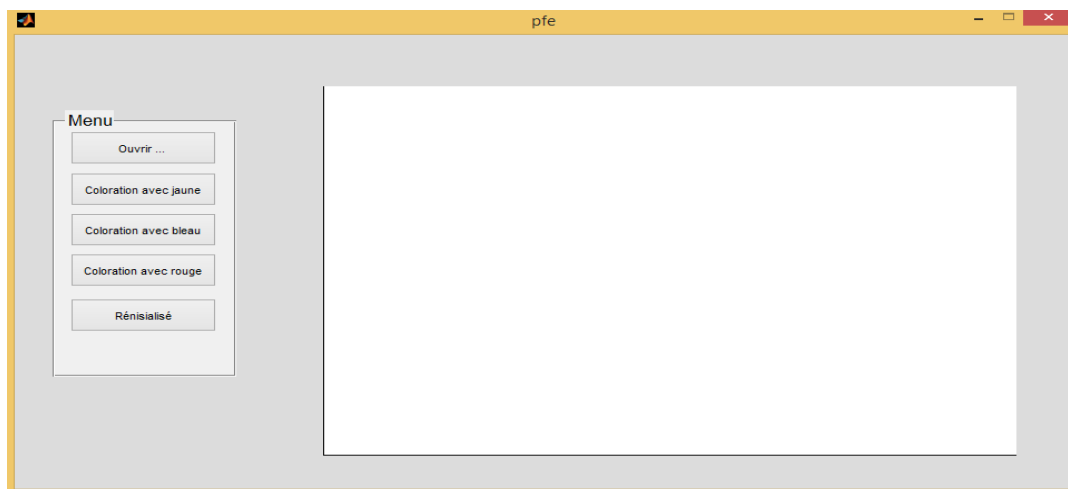


2Figure: Résultats de la conversion en HSV

3.6 Coloration dans l'espace TSL

- ✓ Interfaces de l'application

Cette interface graphique représentée menu principal de l'application que nous avons développée dans ce projet



3Figure Interface de l'application

- Le travail que nous avons développé dans la cadre de ce projet, consiste à faire une colorisations d'images et vidéo dans l'espace TSL en se basant sur les différentes étapes Les résultats de ces étapes sont comme suit :

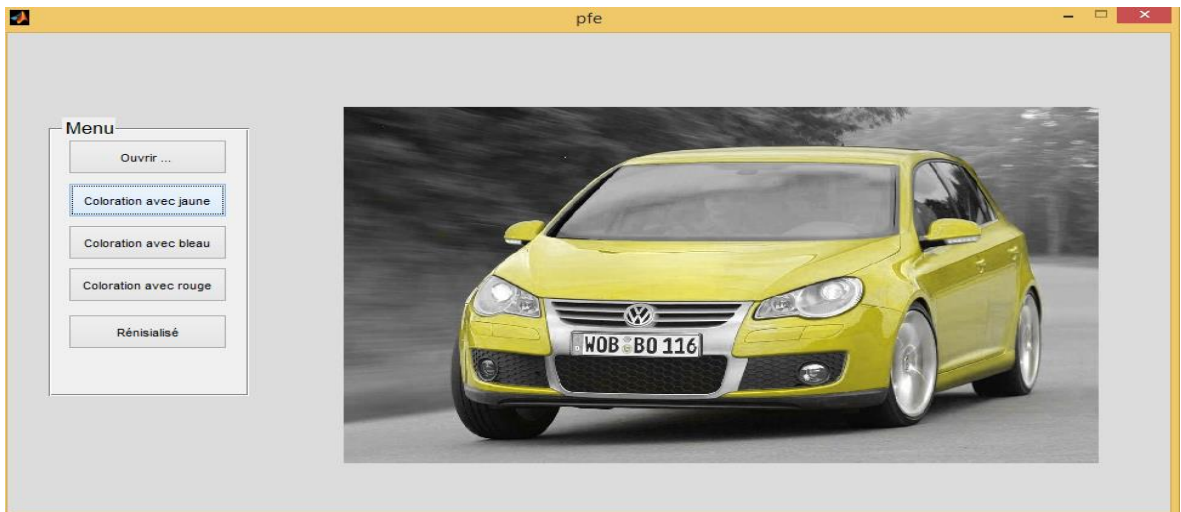
1^{er} partie nous avons utilisé des images fixe Nous ciblons une teinte bien précise, dans notre cas la couleur rouge par exemple. Cette teinte ou couleur est remplacée par une autre couleur différente. La teinte ciblée peut être de n'importe couleur .En utilisant l'interface de l'applications matlab (gui) comme indiqué par la figure 3.4 .

Exemple (1).....



4Figure image initial

- Affecter par exemple une couleur jaune (T=0.156) à la couleur ciblée rouge.



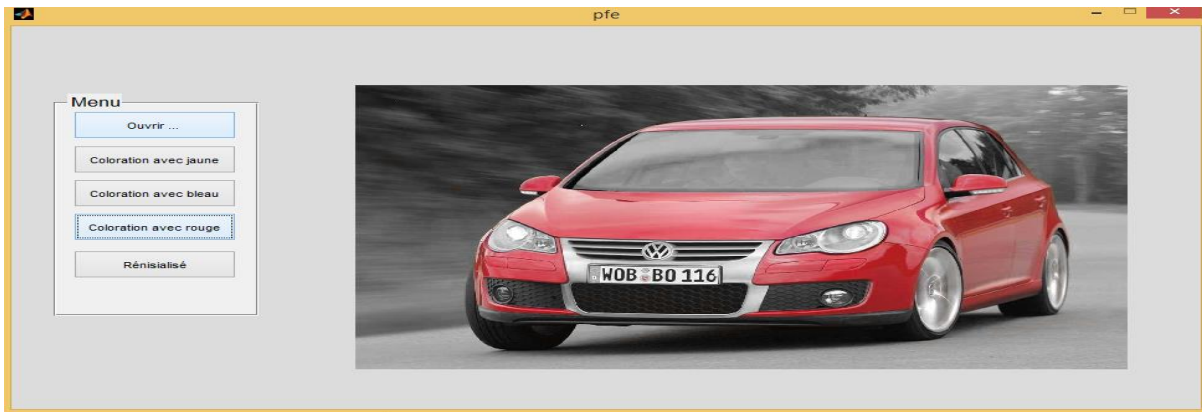
5 Figure image en jaune

- affecter par exemple une couleur bleu à la couleur ciblée rouge (T=0.62).



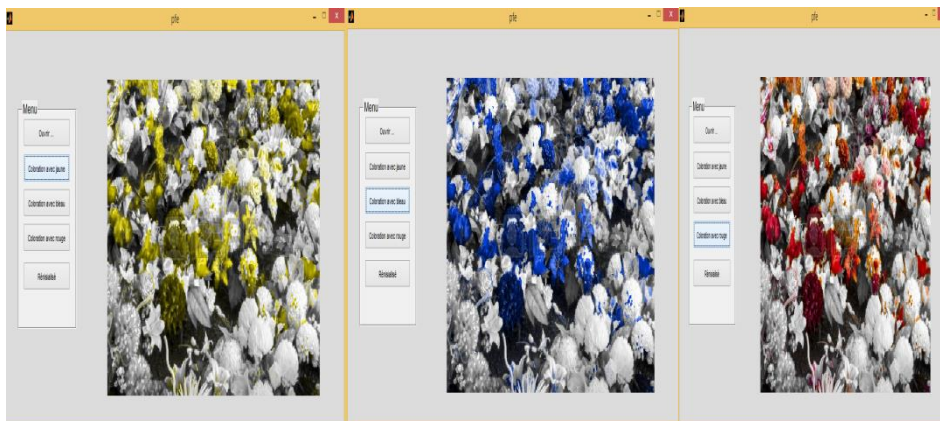
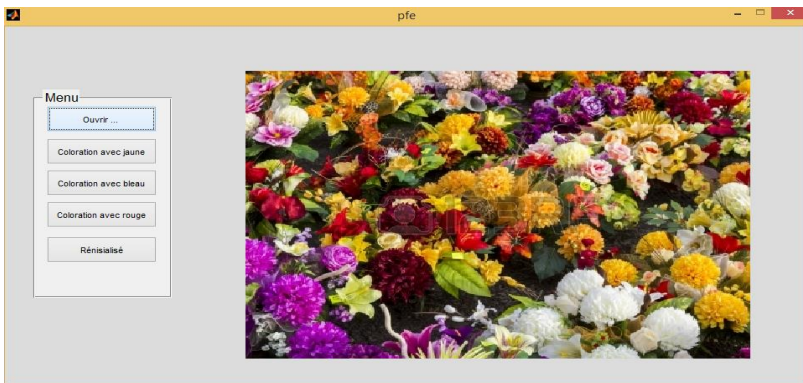
Figure (3.6) image en bleu

- affecter par exemple une couleur bleu à la couleur ciblée rouge (T= « 0 || 0.1 »)



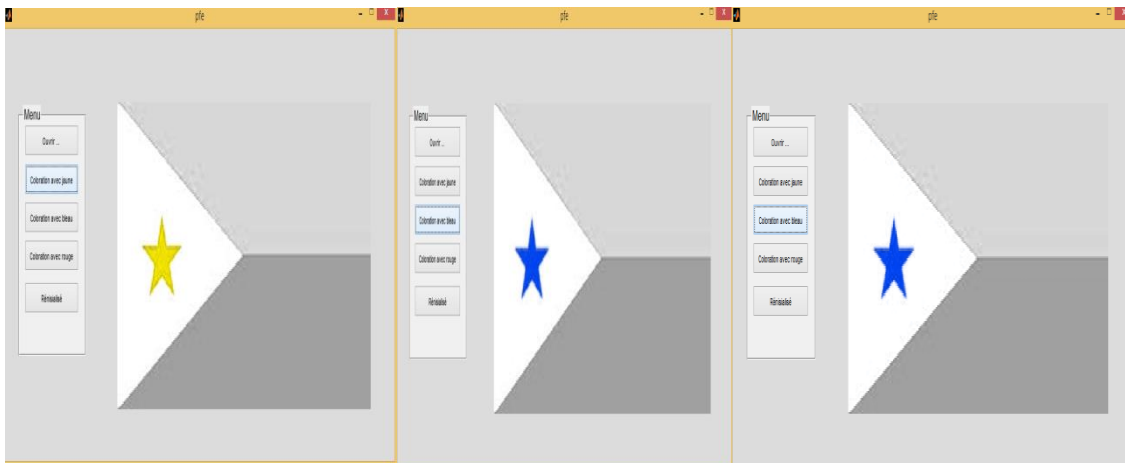
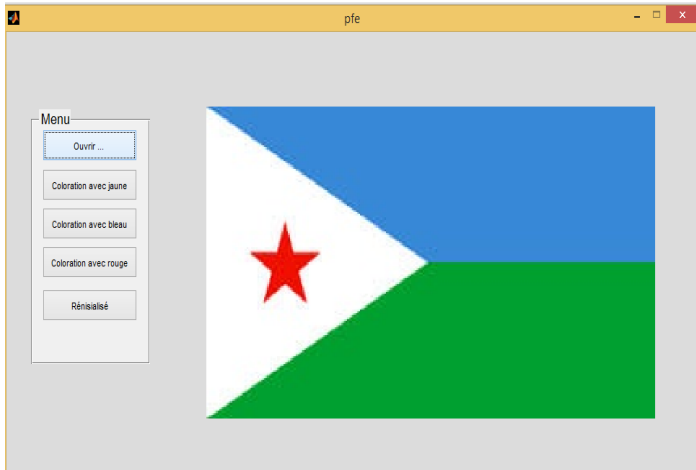
6Figure image en rouge

Exemple(2)



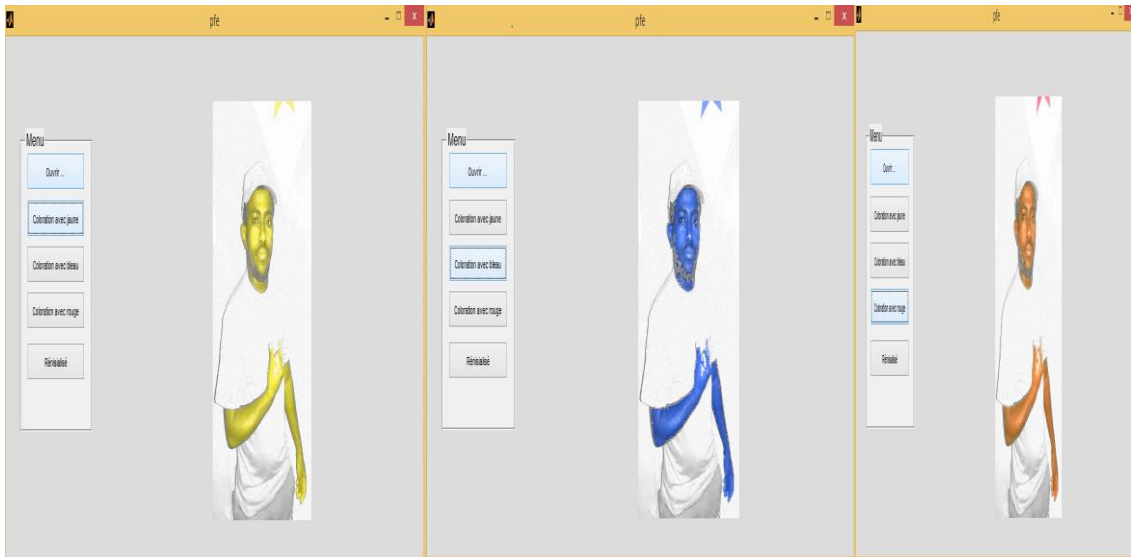
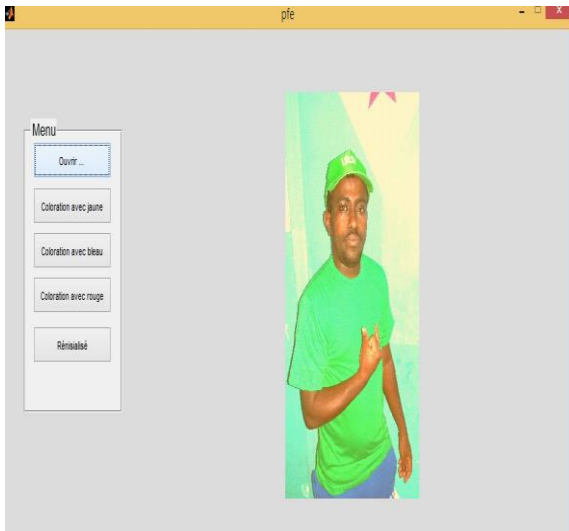
7Figures 1, 2, 3 différents couleurs

Exemple (3)



8Figures 1, 2, 3différents couleurs

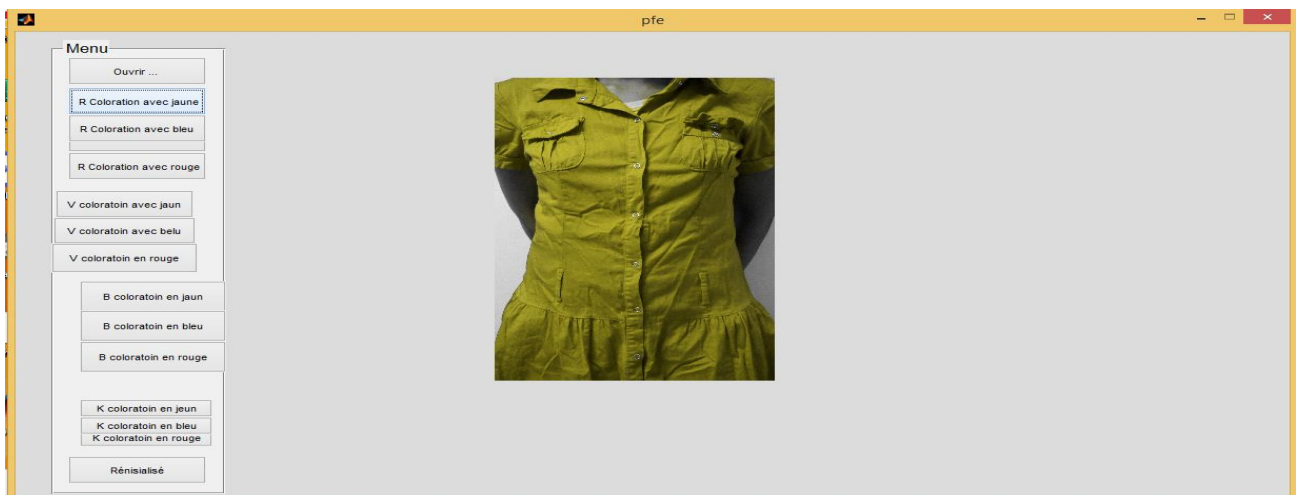
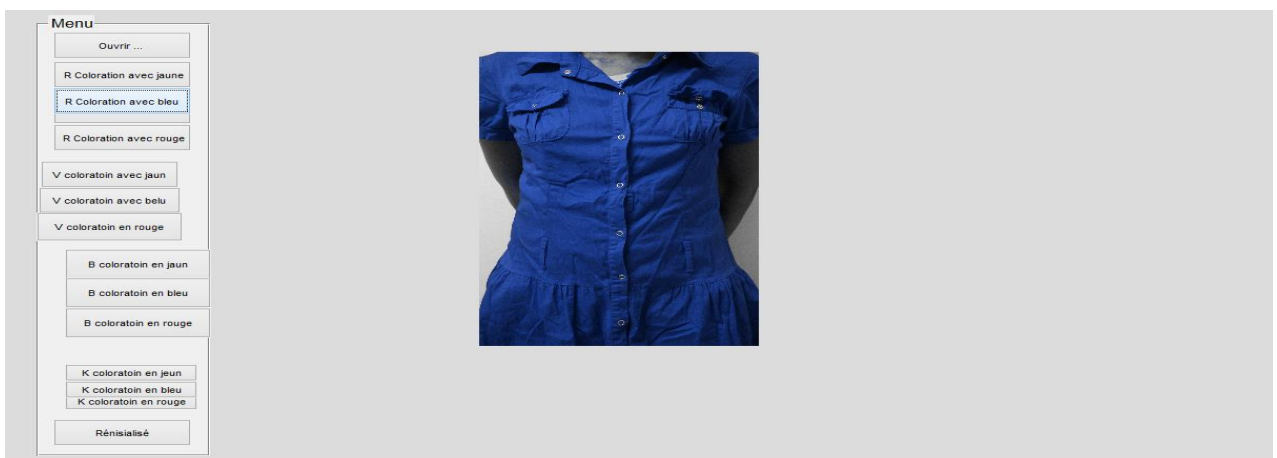
Exemple(4).....



9 Figures 1, 2, 3 différents couleurs

Exemple(5)

Chapitre III. Tests et résultats



58 Figures 1, 2, 3 différent couleurs

2eme partie En utilisant différente étape ; de l'algorithme de transformation RVB vers TSL, on observe que la couleur ciblé peut être identifié et que en peu modifié sa teinte. On utilise des courts vidéos au format (avi.avi).

3em partie Nous avons remarqué qu'avec la même étape déjà employées que l'on arrive à teinte le objet ou personne voulus en temps réels en utilisons la camera de l'ordinateur, et ce processus se déroule les mêmes étapes (1^{ER}, 2^{ER}), on aura un enregistrement sous forme de vidéo avi

3.7 Conclusion

Tout au long de la période de notre travail nous avons appris que nous pouvons contrôler la couleur .C'est pour cela que le fabricant de yaourt à pris la peine de contrôler la couleur de l'emballage (et du yaourt) avant de le livrer à la commercialisation pour attirer leur attention.

3.1 INTRODUCTOIN

Ce chapitre présente tout d'abord la partie logicielle et matérielle utilisée pour le développement de ce projet, ensuite la partie test et résultats expérimentaux.

3.2 Environnement de développement

Dans cette chapitre, nous présenterons l'environnement matériel et logiciel de notre travail

3.3 Environnement matériel

Afin de mener à bien ce projet, il a été mis à notre disposition un ensemble de matériels dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Un micro- ordinateur Dell avec les caractéristiques suivantes :

- Processeur: Intel(R) Core (TM) i5-6200U CPU @ 2.30GHz 2.40GHz

- Memoir installée (**RAM**): 8, 00go

- Carte graphique : AMD Radeon (TM) R5 M335

: Intel(R) HD Graphics 520

- Système: Windows 8.1

La Camera :HD.

3.4 Environnement logiciel

De ce fait, le traitement d'images est l'ensemble des méthodes et techniques opérant sur celles-ci, dans le but de rendre cette opération possible, plus simple, plus efficace et plus agréable, d'améliorer l'aspect visuel de l'image et d'en extraire des informations jugées pertinentes. Dans ce cadre s'inscrit ce projet qui porte sur le développement d'une application permettant d'intégrer sous une seule interface graphique des outils de traitement et de manipulation d'images. Cette application sera développée sous Matlab à l'aide du toolbox GUID.

✓ Réalisation d'une interface graphique sous la boîte à outil GUIDE de Matlab

- **Pourquoi a-t-on choisi Matlab ?**

MATLAB permet le travail interactif soit en mode commande, soit en mode programmation, tout en ayant toujours la possibilité de faire des visualisations graphiques. Il possède les particularités suivantes :

- Puissance de calcul
- la continuité parmi les valeurs entières, réelles et complexes.
- l'étendue de gamme des nombres et leurs précisions.
- la compréhension de la bibliothèque mathématique.
- l'inclusion des fonctions d'interface graphique et des utilitaires dans l'outil graphique.

3.5 Changement de format de l'image sous Matlab :

L'œil humain possède des récepteurs pour les trois couleurs primaires rouge, vert et bleu. Ainsi, tous les espaces couleur ont trois dimensions. Il ya plusieurs espaces de couleurs disponibles, les plus connus étant RVB (Rouge-Vert-Bleu), HSV (Hue-Saturation-Valeur)

Conversion en intensité RGB

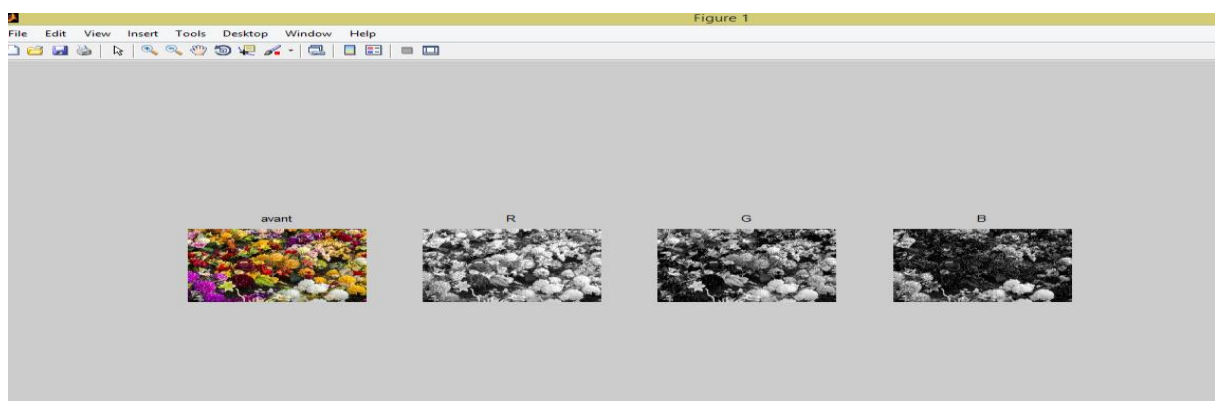


Figure 3-1 : Résultats de la conversion en RGB

- **Conversion avec la représentation HSV**

HSV est un terme anglais qui signifie (*hue, saturation, value*) ou encore en français TSV (teinte, saturation, valeur). Il s'agit d'un espace colorimétrique, défini en fonction de ses trois composantes :

On code la teinte suivant l'angle qui lui correspond sur le *cercle des couleurs* (0° ou 360° : rouge 60° : jaune ;120° : vert ;180° : cyan ;240° : bleu ;300° ...). La saturation est l'intensité de la couleur et elle varie entre 0 et 100 %. Plus la saturation d'une couleur est faible, plus l'image sera « grisée » et plus elle apparaîtra fade, il est courant de définir la « désaturation » comme l'inverse de la saturation. Enfin la valeur est la « brillance » de la couleur et elle varie entre 0 et 100%. Plus la valeur d'une couleur est faible, plus la couleur est sombre.

Le modèle TSV a été créé en 1978 par Alvy Ray Smith. C'est une transformation non-linéaire de l'espace de couleur RVB, et peut être utilisé en progression colorique.

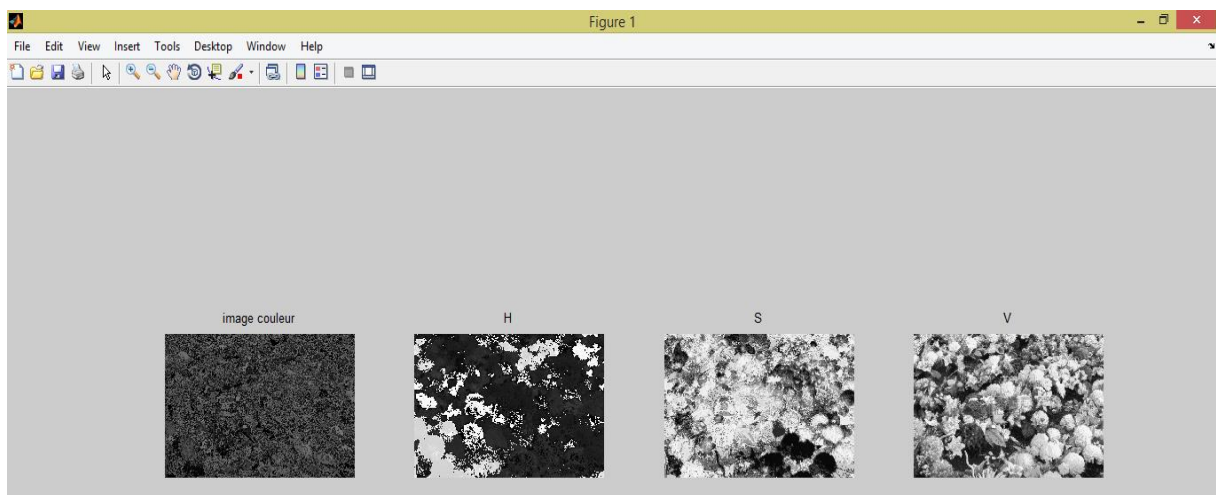


Figure 3-2 : Résultats de la conversion en HSV

3.3 Coloration dans l'espace TSL

3.4 Interfaces de l'application

Cette interface graphique représente le menu principal de l'application que nous avons développé dans ce projet

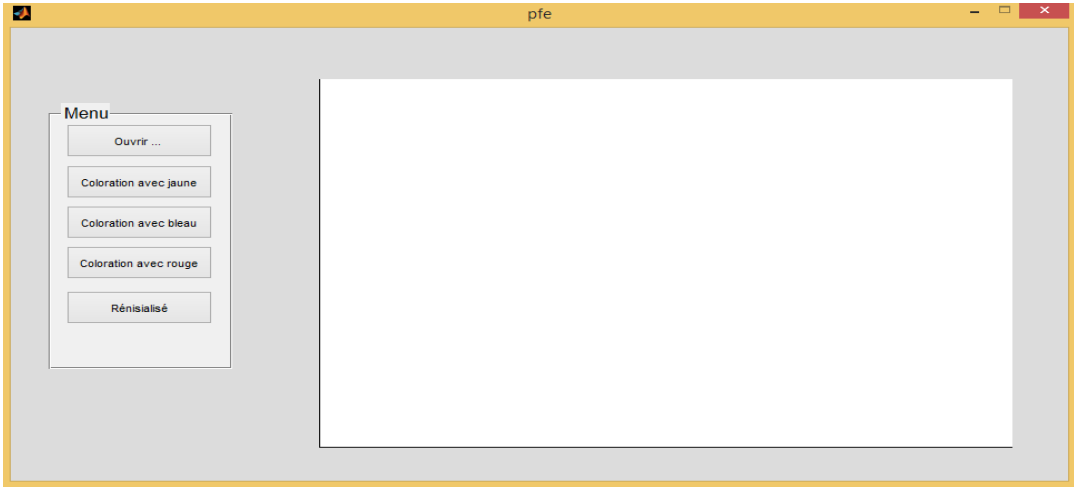


Figure 3.3 Interface de l'application

- Le travail que nous avons développé dans la cadre de ce projet, consiste à faire une colorisations d’images et vidéo dans l’espace TSL en se basant sur les différentes étapes Les résultats de ces étapes sont comme suit :

1^{er} partie nous avons utilisé des images fixe Nous ciblons une teinte bien précise, dans notre cas la couleur rouge par exemple. Cette teinte ou couleur est remplacée par une autre couleur différente. La teinte ciblée peut être de n’importe couleur .En utilisant l’interface de l’applications matlab (gui) comme indiqué par la figure 3.4 .

Exemple (1).....

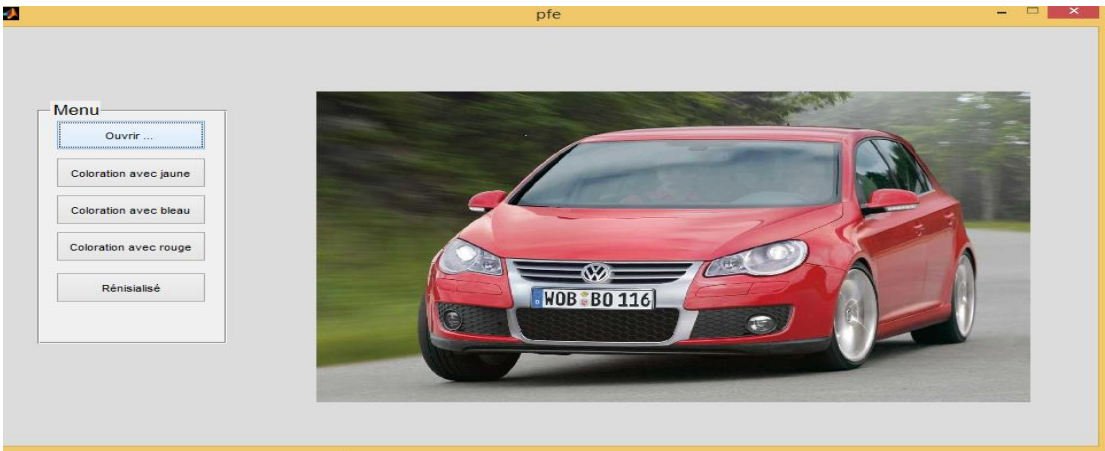


Figure (3.4) image initial

- affecter par exemple une couleur jaune ($T=0.156$) à la couleur ciblée rouge.

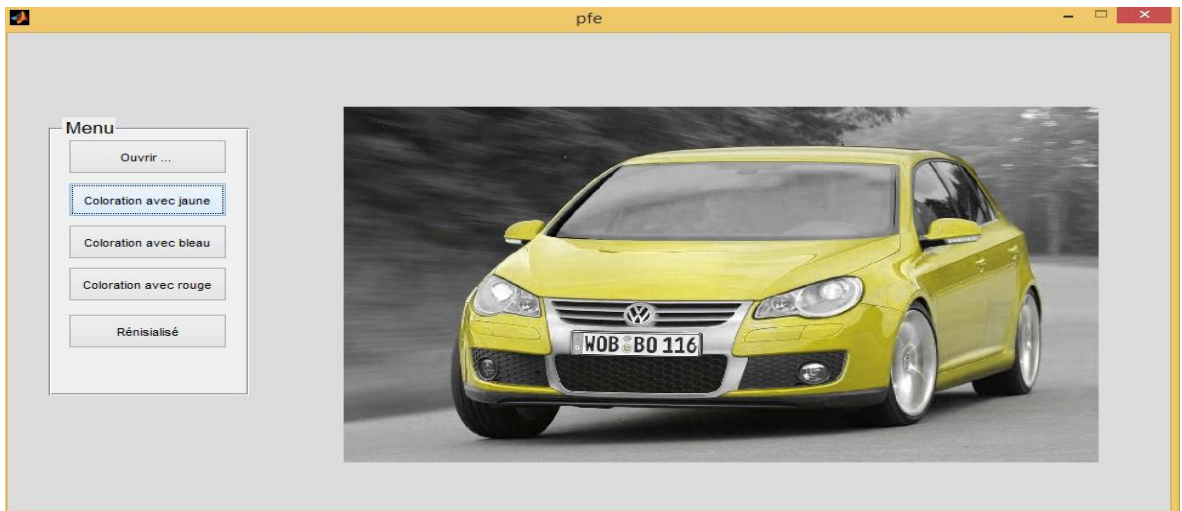


Figure (3.5) image en jaune

- affecter par exemple une couleur bleu à la couleur ciblée rouge ($T=0.62$).



Figure (3.6) image en bleu

- affecter par exemple une couleur bleu à la couleur ciblée rouge (T= « 0 II 0.1 »)

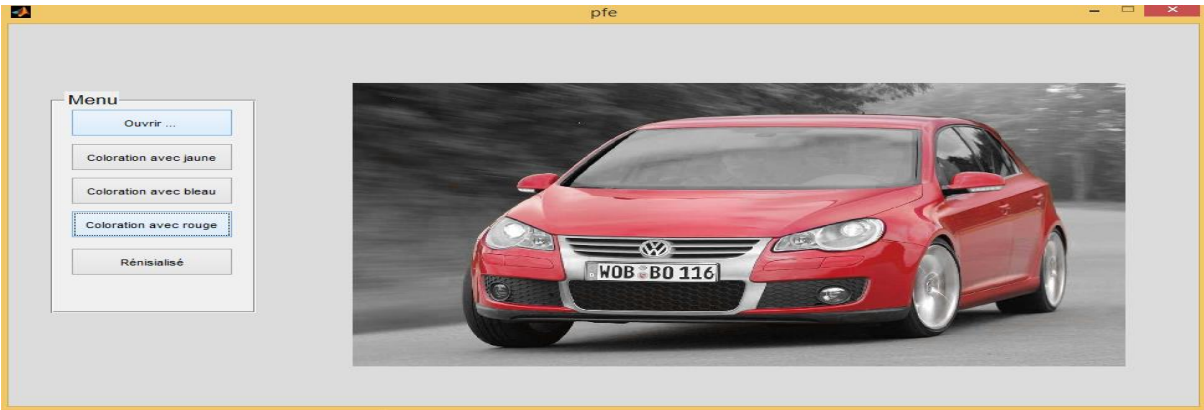
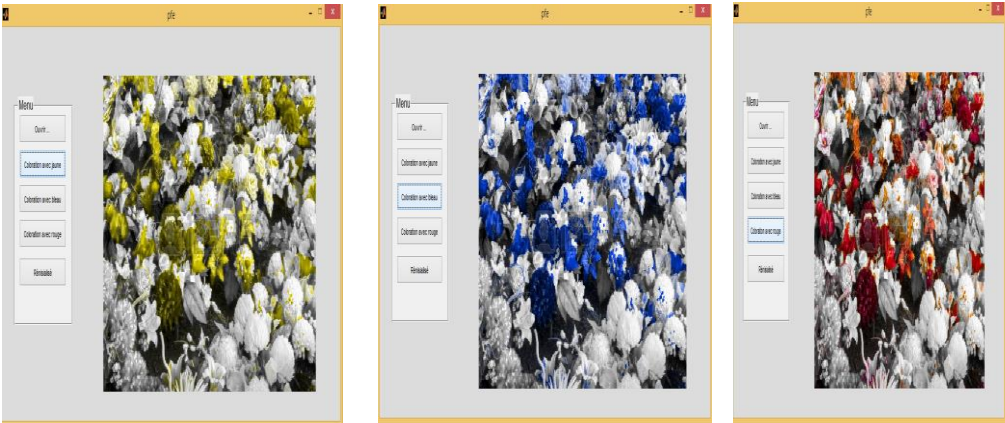
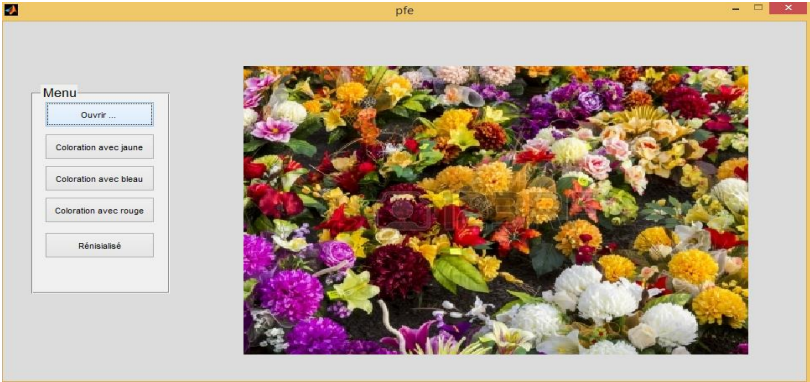


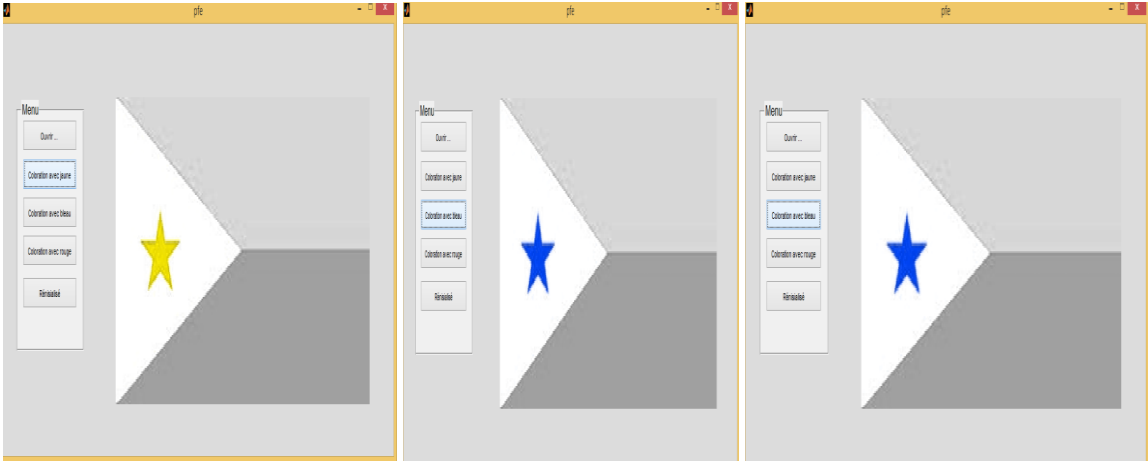
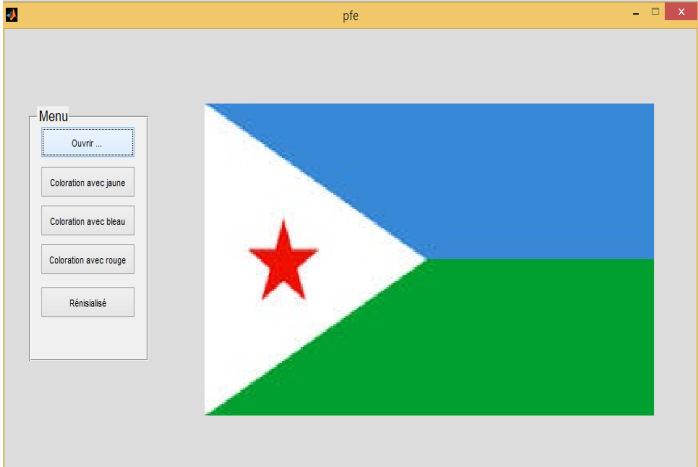
Figure (3.7) image en rouge

Exemple(2)



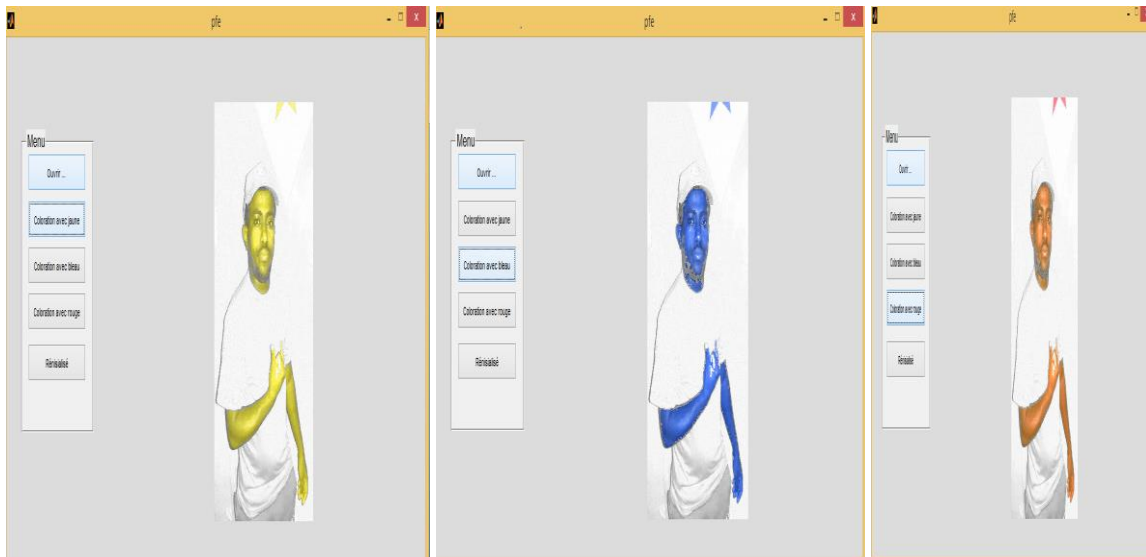
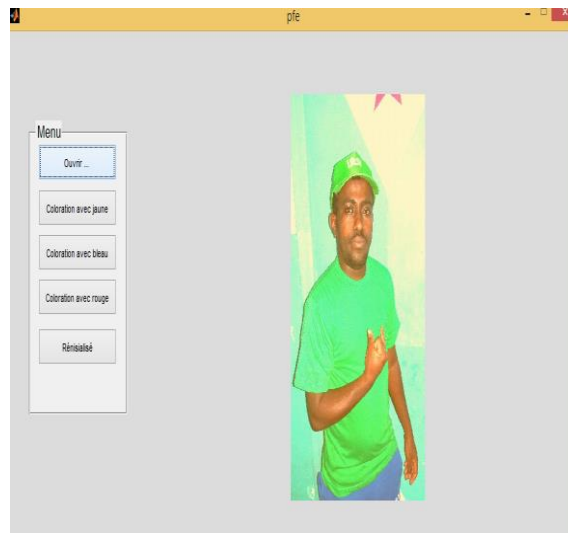
Figures 1, 2, 3(3.8) différent couleurs

Exemple (3)



Figures 1, 2, 3(3.9) différent couleurs

Exemple(4).....



Figures 1, 2, 3(3.10) différent couleurs

- 2em partie nous avons essayé d'utiliser de filme à court métrage a la forme (avi.avi), longueur (00 .00 .26), fréquence d'image 25trames /s. Nous avons utilisé les étapes en remarque cette fois que la voiture rouge et les choses couleur en rouge seul qu'ils juste garder teinte.
- 3em partie nous voulions programme sur matlab que en peu colorer les gens en temps réel en utilisons la caméra d'ordinateur .Ce travail déroule les mêmes étapes (1^{ER} , 2^{ER}) selon il va enregistrements sur forme un vidéo « .avi ».

3.5 Conclusion

Tout au long de la période de notre travail nous avons appris que nous pouvons contrôler la couleur e. C'est pour cela que le fabricant de yaourt à pris la peine de contrôler la couleur de l'emballage (et du yaourt) avant de le livrer à la commercialisation pour attirer leur attention.

Les figures

1 Figure exemple de réseau des pixels.....	4
2 Figure Image vectorielle et image bitmap.....	5
3 Figure image binaire.....	7
4 Figure courbe tonale	7
5 Figure La résolution d'une image.....	9
6 Figure Différentes quantifications d'une image	9
7 Figure Voisinage d'un pixel	10
8 Figure Exemple d'image bruitée	11
9 Figure exemple d'histogrammes pour une même image plus ou moins bien exposée	12
10 Figure exemple d'histogramme d'image.....	13
11 Figure Quelques histogrammes typiques.....	13
12 Figure Courbes de modification des histogrammes d'une image entrée.....	13
13 Figure augmenter la luminosité.....	14
14 Figure diminution la luminosité	16
15 Figure « augmenter la luminosité d'un image »	16
16 Figure Rehaussement de contraste	18
17 Figure de Rehaussement de contraste sur image	18
18 Figure image trop peu contrastée histogramme initial	19
19 Figure histogramme original.....	20
20 Figure histogramme plat.....	20
21 Figure histogramme égalisé.....	21
22 Figure filtre moyennner.....	23
23 figure filtre gaussien.....	24
24 Figure filtre médian	26
25 Figure filtre de Nagao	26
26 Différents filtres	27

27 Figure une image dilatée et érosion	28
28 Figure un image a fermeture et l'ouverture.....	29
29 Figure Exemple d'un seuillage	31
30 Figure Seuillage d'une image couleur.....	32
31 Figure Problème de seuillage global	33
32Fig – Champs des lignes paires et impaires en vidéo.....	35
33Figure : Spectre électromagnétique.....	39
34 Figure schéma simplifié e de l'œil.....	40
35Figure : Absorbances relatives des pigments des différentes cellules réceptrices	41
36Figure Courbes de sensibilité relative globale de l'œil en fonction de la longueur d'onde(λ) Pour la vision diurne $V(\lambda)$ Pour la vision nocturne.....	41
37Figure .teint saturatoin luminosité	44
38Figure maxwell	46
39Figure): Synthèse additive 40figure : synthèse soustractive	47
41Figure : Fonctions colorimétriques RGB.....	48
42Figure repercentatoin de l'espace RVB	50
43Figure Le diagramme de chromaticité x y avec les lieux des principales couleur	51
44Figure l'espace TSL	52
45Figure) : Le système de couleurs TSL.....	54
46Figure) : Le modèle TSI	54
47 figure(19) B Composante saturation.....	57
48Figure C Composante teinte Figure(21)d Composante valeur	57
49 Figure : Résultats de la conversion en RGB	59
50Figure : Résultats de la conversion en HSV	60
51Figure Interface de l'application	61
52 Figure image initial	61
53 Figure image en jeun	62
54Figure image en rouge.....	63
55 Figures 1, 2, 3 différent couleurs	63
56 Figures 1, 2, 3différent couleurs	64
57 Figures 1, 2, 3 différent couleurs	65
58 Figures 1, 2, 3 différent couleurs	66

Bibliographies

- [1] [https://developer.amazon.com/public/solutions/devices/fire-phone/docs/understanding-firefly.memoir magister /](https://developer.amazon.com/public/solutions/devices/fire-phone/docs/understanding-firefly.memoir%20magister/).
- [2] Delahaye Jean-Paul, « Mona Lisa au photomaton » — *Images des Mathématiques*, CNRS, 2013, <http://images.math.cnrs.fr/Mona-Lisa-au-photomaton.html>
- [3] Appendix A: The 'Centre de Morphologie Mathématique', an overview" by Jean Serra, in (Serra *et al.* (Eds.) 1994), pgs. 369-374.
- [4] Jean Serra, Ecole des Mines de Paris, 2000.
- [5] B. Gugger, des photos : première approche de Photofiltre lexique_images.odt - TICE CRDP Bourgogne, avril 2006.
- [6]livre de traitement numerquie d'image :Rachid maria ;Alain et Ursula Bouteveille Dunod,paris,2005 /ISBN2100055402
- [7] V.Wu and R. Manmatha. Document image clean-up and binarization. Proceedings of IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging, 3305 :263–273, 1998.
- [8] I. Bloch, Y. Gousseau et H. Maitre,Le traitement des images. Département TSI – Télécom-Paris.2004
- [9] W. Niblack. An introduction to digital image processing. Prentice Hall, July 1986.
- [10] M. Khouadjia, H. Khanfouf, and S. Meshoul. Une approche adaptative pour la segmentation d'images : Implémentation sur la plate-forme multi-agents netlogo
- [11] Sébastien THON. Imagerie Numérique Représentation et codage des images. Institut universitaire de technologie. Licence Pro. Marseille université. 2014
- [12] Yoann Sculo, Introduction au traitement d'images Détection de contours et segmentation. Université de technologie de Troyes.2009
- [13] Alain Filhol,Institut Laue-Langevin, BP 156, 38042 Grenoble Cedex 9
9 Nov. 2009
- [14]Site officiel (<http://www.pantone.com/>) ;
Nuancier PMS (Pantone® Matching System®) (<http://www.bargainprinting.com/pms/>)
- [15]**Tremeau, 1993] A. Tremeau.** "Contribution des modèles de la perception visuelle à l'analyse d'images couleur". Thèse de doctorat : Université Jean Monnet de Saint-Etienne, 1993, 197 p

[16][**Vandenbroucke, 2000**] **N. Vandenbroucke**. "Segmentation d'images couleur par classification de pixels dans des espaces d'attributs colorimétriques adaptés. Application à l'analyse d'images de football". Thèse de doctorat : Université de Lille 1, 2000. 236 p.

[17]G.Granland, M.Kocher and C.Horne, " Traitement numérique des images ", sous la direction de Murat Kunt, Press Polytechniques Universitaires Romande, Paris, CENT-ENST, 1993.

[18][**Lezoray, 2000**] **O. Lezoray**. "Segmentation d'images couleur par morphologie mathématique et classification de données par réseaux de neurones : application à la classification de cellules en cytologie des séreuses". Thèse de doctorat : Université de Caen, 2000. 194 p..

[19]livre les secrets de l'image vidéo par Philippe Bellaiche
Editoins Eyrolles Groupe Eyrolles ,2011 pour la nouvelle édition

[20]M.Kunt, " Traitement Numérique des Images ", Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Editeur scientifique et technique, Vol.2, 1993

[21] Delahaye Jean-Paul, « Mona Lisa au photomaton » — *Images des Mathématiques*, CNRS, 2013, <<http://images.math.cnrs.fr/Mona-Lisa-au-photomaton.html>>

[22] <https://ima.gayame.pdf>

Conclusion générale

Nous avons présenté dans ce mémoire une méthode de reconnaissance des colorisations d'images et vidéo dans l'espace TSL. Nous avons présenté en premier lieu des généralités sur le traitement d'images qui améliorer la qualité de l'image en vue de traitements ultérieurs. Ces prétraitements peuvent classiquement être composés en plusieurs grandes familles

– Les manipulations d'histogrammes dont le but est soit de mettre en relief telle ou telle partie de l'image soit d'augmenter la dynamique de celle-ci.

– Les opérations de filtrages (linéaires ou non) dont le but est de réduire le bruit présent dans l'image et usuellement assimilés à de hautes fréquences.

– Les rehaussements d'images dont le but est d'augmenter les contrastes entre les différentes régions de l'image. En deuxième lieu, après un rappel indispensable de quelques généralités sur la nature de la lumière, les propriétés de la trichromie et sur les différents espaces géométriques permettant de placer les couleurs nous nous focaliserons sur l'espace TSL. En troisième lieu nous avons présenté l'application créée avec l'implémentation et les résultats des tests. Au cours de ce projet et à travers le travail fait, nous avons pu acquérir beaucoup de connaissances. Premièrement, nous avons utilisé les outils appris au cours de notre formation, des livres très intéressants comme le livre (les secrets de l'image vidéo) et enrichi nos connaissances. Nous avons beaucoup appris à utiliser le langage MATLAB R2012a et nous avons réalisé que la coloration d'images est un sujet très large.