

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE TOURS
64, Avenue Jean Portalis
37200 TOURS, FRANCE
Tél. (33)2-47-36-14-14
Fax (33)2-47-36-14-22
www.polytech.univ-tours.fr

Parcours Ingénieur Polytech

Mini-projets

Introduction à la vision par ordinateur

Auteur :
Jonathan Courtois
jonathan.courtois@caramail.com
Florent Renault
Renault.Florent@Gmail.com

Encadrant :
Jean-yves Ramel
Jean-yves.ramel@univ-tours.fr
Université François Rabelais, Tours

Version du 7 décembre 2005

Table des matières

Introduction	1
1 Présentation du Mini-projet	2
1.1 Le choix du mini-projet	2
1.2 Les outils à notre disposition	2
2 Présentation de la mission et du cahier des charges	3
2.1 Feuille de route	3
2.1.1 Types d'images	3
2.1.2 Indicateurs de base	3
2.1.3 Traitements d'images	3
2.1.4 Segmentation	4
2.1.5 Transformation	4
2.1.6 Les images couleurs	5
2.2 Exemples d'applications	5
2.2.1 Morphologie Mathématique	5
2.2.2 Analyse de document manuscrit	5
2.2.3 Vision Industrielle	5
2.3 Notre participation	6
3 Travail réalisé	7
3.1 Types d'images	7
3.1.1 Numérisation	7
3.2 Indicateur de base	8
3.2.1 Exemple des limites de l'histogramme	9
3.2.2 Etude de la dynamique de quelques images	10
3.3 Traitement d'images	12
3.3.1 Traitements sur quelques exemples	12
3.4 Segmentation	15
3.4.1 La binarisation de l'image	15
3.4.2 l'extraction de contours	16
3.4.3 le partitionnement en régions	18
3.5 Transformation	20
3.5.1 Les images couleurs	23
3.6 Exemples d'applications	24
3.6.1 Morphologie mathématique	24
3.6.2 Analyse d'un document manuscrit	28
3.6.3 Vision industrielle	30
Conclusion	32

Annexes	33
A Liens utiles	34

Table des figures

3.1	Histogramme 1	9
3.2	Histogramme 2	9
3.3	Objets	10
3.4	Léna	10
3.5	Couloir	11
3.6	Chromosomes	11
3.7	Arbre default	12
3.8	Arbre plus lumineux et plus vif	12
3.9	Couloir default	13
3.10	Couloir lighten	13
3.11	Tête bruit poivre	14
3.12	Tête bruit sel	14
3.13	Objets default et binarisation seuil 173	15
3.14	Objets default et binarisation seuil 115	16
3.15	Arbre default - Contour - Edge	16
3.16	Cataclysme default - Contour - Edge	17
3.17	Blobs default - Binaire + Contour - Binaire + Edge	17
3.18	Arbre default - Binaire + Contour - Binaire + Edge	18
3.19	Léna default - Palette - Decoup	18
3.20	Indigo default - Palette - Decoup	19
3.21	Transformée de Fourier motifs périodiques	20
3.22	Transformée de Fourier filtrage	21
3.23	Transformée de Fourier de horiz.jpg	22
3.24	Images couleurs	23
3.25	Erosion	25
3.26	Dilatation	25
3.27	Ouverture	26
3.28	Fermeture	26
3.29	Fermeture	27
3.30	Texte default	28
3.31	Texte érosion 30 fois	28
3.32	Texte érosion 50 fois	29
3.33	Plaque default	30
3.34	Plaque après traitement	30
3.35	Plaque binéariser	31

Liste des tableaux

3.1	Couleurs et pixels	8
3.2	Resolutions en pixels	8
3.3	Forme initiale	24
3.4	Forme érodée	24
3.5	Forme finale	24

Introduction

Une des particularités des êtres vivants est de pouvoir acquérir des images, via l'oeil, comme une information, puis de pouvoir l'interpréter via le cerveau. L'enjeu de la vision artificielle, sujet que nous allons traiter, est de permettre à un ordinateur de "voir". c'est-à-dire, comme l'homme, de récupérer l'information par l'intermédiaire d'un dispositif d'acquisition d'image puis d'exploiter. Ainsi, la machine sera alors capable de reconnaître des formes ou encore de séparer une image en différentes zones distinctes et cohérentes. Nous verrons que cette analyse est loin d'être immédiate et que l'image doit subir un prétraitement dans le but de simplifier au maximum le travail de l'ordinateur, qui n'est guère plus qu'un simple calculateur. En outre, ce traitement permettra parfois de mettre en valeur des détails peu voir invisible à cause d'une photographie de mauvaise qualité (surexposition etc).

La simulation de la vision artificielle ouvre la voie à de nombreuses applications. En effet, automatiser l'analyse d'image permet notamment un gain de temps et d'argent considérable lors des traitements par lots importants. Dans l'industrie, elle permettra par exemple de vérifier la conformité d'un produit en fin de chaîne. Dans les zones de transit des voyageurs, la vision artificielle permet un contrôle des images à Rayons X. Ou encore, la reconnaissance de caractère sur une photographie de plaque d'immatriculation.

CHAPITRE 1

Présentation du Mini-projet

1.1 Le choix du mini-projet

Nous avons tout d'abord opter pour un projet dans le département informatique, car il s'agit de la voie que nous voulons suivre par la suite et que nous apprécions particulièrement.

Par la suite, parmi les projets proposés, l'introduction à la vision par ordinateur nous semblait intéressante pour deux raisons principales :

- Il s'agissait d'un domaine que Jonathan n'avait pas encore exploré pour différentes raisons. Il s'agissait d'une occasion pour lui d'étudier cette partie avec des personnes travaillant dans ce domaine. Même si Florent avait déjà pas mal travaillé sur les images en elles-mêmes en tant que passion personnelle, cette partie -là qui consiste à traiter une image, non pas pour soit mais pour qu'elle puisse être interprétée par un ordinateur était un bon moyen d'enrichir ces connaissances sur la question.
- Cela nous permettait de découvrir une application pratique de l'utilisation de l'ordinateur dans une entreprise (conformité d'un produit), ou dans un service public (lecture des plaques minéralogiques). Nous pouvions ainsi découvrir le travail des infomaticiens dans le domaine du traitement de l'image avec l'élaboration de meilleurs filtres et algorithmes pour une plus grande utilisation de l'ordinateur par l'homme.

1.2 Les outils à notre disposition

Les deux logiciels que nous avons utilisés principalement pour ce projet sont Cximage et Photofiltre. L'un de leurs principaux avantages est d'être gratuit. Cependant ils offrent de nombreuses fonctionnalités dans la retouche d'images qui nous ont été indispensables.

Photofiltre, comme son nom l'indique, se focalise sur l'application de filtres à une image. Dans sa dernière version, il propose plus de 70 filtres différents, allant de la simple modification de luminosité à l'application de textures, l'ajout de bruit etc...

De plus photofiltre permet l'automatisation d'une série de filtres sur un grand nombre d'images.

CxImage est un logiciel très simple et rapide de retouche et de transformation d'images. Le principal avantage de CxImage par rapport à Photofiltre est la gestion des histogrammes dont nous verrons l'utilité par la suite.

Notre responsable a mis également à notre disposition une base de données comportant une soixantaine d'images, dont la particularité était d'être très différentes (Noir et blanc, couleur, personnages, objets, lumineux, sombre, homogène, hétérogène, simple, complexe...). Nous n'avons cependant pas pu toutes les étudier dans le temps imparti, par conséquent nous avons judicieusement choisi certaines d'entre elles pour montrer l'efficacité de certains filtres ou effets.

CHAPITRE 2

Présentation de la mission et du cahier des charges

Notre responsable Jean-Yves Ramel nous a proposé une feuille de route dans cette introduction à la vision par ordinateur. Elle sera retranscrite dans cette partie et sera complétée par les charges que l'on s'est ajouté à celles déjà proposées.

2.1 Feuille de route

2.1.1 Types d'images

Pour permettre à un ordinateur de "voir" (simuler la vision humaine), il est nécessaire d'équiper ce dernier d'un dispositif d'acquisition d'images. Il existe différents types de dispositifs ayant chacun des caractéristiques et applications spécifiques.

➤ *Après vous être documenté, faites un bref récapitulatif des principaux dispositifs d'acquisition existant actuellement et précisez les signaux qu'ils sont capables de fournir en sortie.*

2.1.2 Indicateurs de base

Avant de traiter une image suivant un problème donné, il peut être utile d'en étudier sa dynamique. En effet les contraintes d'éclairage, d'acquisition, etc., peuvent fournir des images "typées" : fortes variations, sur ou sous illumination, niveaux de gris mal répartis, non continus... Ainsi, outre le fait de visualiser et d'apprécier qualitativement une image, nous pouvons en apprécier quantitativement son contenu par le biais de l'histogramme, la moyenne, la variance (approche statistique). Par la suite, revenir à ces indicateurs après un traitement peut nous aider à "comprendre" la nature du traitement opéré...

➤ *Après avoir compris ce qu'est un histogramme, étudier par exemple la dynamique des images "objects.bmp", "lena.bmp", "couloir.bmp" et "chromosomes.bmp". En quelques mots, quels sont les apports et les limites de ce type d'étude statistique ?*

2.1.3 Traitements d'images

Forts de notre étude préliminaire, nous constatons que les images acquises peuvent présenter quelques défauts : pour remédier à ceux-ci, un traitement (ou prétraitement) s'avère nécessaire. Ainsi, la restauration vise à inverser l'effet d'un phénomène dégradant (bruits, dérive lumineuse...) et l'amélioration cherche à satisfaire l'oeil humain.

➤ *Quel(s) traitement(s) préconisez-vous pour chaque image ? Justifiez !*

2.1.4 Segmentation

Bien souvent, l'acquisition "informatique" d'une image vise un but précis qui va plus loin que la simple visualisation sur un moniteur : il s'agit d'automatiser une tâche "visuelle" (positionner des objets sur un tapis roulant, compter des objets, mesurer des caractéristiques d'un objet...). Pour cela, la "machine" doit pouvoir identifier toute seule ce qu'elle cherche, à partir des seules images acquises : il s'agit donc pour elle de distinguer l'objet du reste de l'image (ou fond). Nous allons étudier 3 principales approches :

la binarisation de l'image

➤ *Testez les différents algorithmes de seuillage automatique et manuels par exemple sur "chromosomes.bmp" (il s'agit d'isoler les chromozomes) et "fruits.bmp" (il s'agit d'isoler les cellules "noires"). Quelle méthode préconisez-vous pour chaque image ? Précisez éventuellement les seuils choisis, les prétraitements, et justifiez.*

l'extraction de contours

➤ *Testez les différentes méthodes de détection de contour. Quelle(s) remarque(s) vous inspire ces techniques "classiques" ? Comment analyser les résultats ? Quelle(s) sont les différence(s) majeure(s) entre les différentes méthodes ?*

le partitionnement en régions

➤ *Qu'est ce que c'est ? Illustrez ces techniques sur quelques images. Que signifie seuil d'homogénéité ?*

➤➤ **Comparez les 3 approches.**

2.1.5 Transformation

Il s'avère parfois intéressant de travailler dans un espace complètement différent de celui correspondant aux pixels d'une image. La transformée de Fourier est alors souvent utilisée pour analyser les images numériques. En effet, cette dernière permet de détecter la présence de "motifs périodiques", ou de lisser à moindre coût une image.

➤ *Après vous être documenté sur le sujet, étudiez le spectre de Fourier de quelques images. Étudiez notamment "horiz.jpg". Comment se traduit le tramage sur le spectre de Fourier ?*

2.1.6 Les images couleurs

L'information supplémentaire apportée par une image couleur, par rapport à une image en niveaux de gris est évaluée à 5%. Ainsi, la plupart des traitements sont réalisés sans cette information... Néanmoins, certaines applications peuvent utiliser cet attribut, notamment lorsqu'il s'agit de distinguer des éléments différents par leur couleur...

➤ *Commenter ces affirmations, à l'aide de différents traitements ou exemples d'applications concrets d'utilisation de la couleur. Vous pourrez notamment montrer l'intérêt des différents espaces couleurs utilisables.*

2.2 Exemples d'applications

2.2.1 Morphologie Mathématique

Pour la suite des traitements morphologiques, il est préférable que les objets soient blancs et le fond noir, effectuez les traitements nécessaires à l'obtention d'une telle image.

- Réalisez des érosions puis des dilatations sur l'image et commentez les résultats.
- Effectuez de même des opérations d'ouverture et de fermeture.
- Montrez qu'il est possible de localiser la position des oreilles du chat à l'aide d'opérations morphologiques.

2.2.2 Analyse de document manuscrit

Une des principales difficultés rencontrées lors de la lecture automatique de documents manuscrits est l'extraction des mots puis des lignes (segmentation). Il est possible de réaliser ce travail à l'aide d'opérations morphologiques simples :

- Testez différents filtrages sur l'image TEXTE.BMP.
- Définissez précisément l'élément structurant qui vous semble le plus adéquat pour ce type de traitement.

2.2.3 Vision Industrielle

Lecture de plaques minéralogiques

Il s'agit ici d'obtenir une représentation de plaques minéralogiques de véhicules.

➤ *Etudier l'image "plaque.bmp". En fin de traitement, nous souhaitons avoir une représentation des éléments de la plaque. Comment localiser notre zone d'intérêt sur l'image ? Pourquoi est-ce utile ? La zone d'intérêt étant supposée localisée, comment extraire les caractères ? Justifiez.*

2.3 Notre participation

Elaboration d'un document au format .pdf, comprenant quelques notions sur l'image et une banque d'image commenté (Léna et Cameraman), le tout pouvant être utilisé par des professeurs lors de leurs cours.

CHAPITRE 3

Travail réalisé

3.1 Types d'images

3.1.1 Numérisation

La numérisation d'une image est possible grâce aux millions de commutateurs électriques que contiennent les ordinateurs. En effet ces commutateurs peuvent prendre deux positions, ce qui va permettre de coder une image en binaire. Les capteurs utilisés lors d'une numérisation sont des photo-détecteurs. Ils transforment la quantité de lumière reçue en signaux électriques. Le décodage de ces signaux électrique donne un signal analogique.

On peut distinguer plusieurs technologies de numérisation. La plus intéressante mais aussi la plus coûteuse est la technologie PMT (Photo-Multiplicateur-Tube) qui est utilisée pour les scanners dits "à tambour". La plupart des appareils utilisent des capteurs CCD (Charged Couple Device).

Ils peuvent se présenter sous plusieurs formes :

- Des barrettes monochrome ou avec un revêtement RVB : qui vont se déplacer sur la surface à numériser, (scanner à plat, dos numérique).
- Des matrices monochromes (un passage pour chaque couleur RVB) ou des matrices à mosaïque de filtres RVBV, chaque élément ne capturant qu'une information colorée sur les trois. Dans le cas d'une matrice, c'est une surface rectangulaire, composée de micro-photodétecteurs, qui remplace la surface du film, la matrice est fixe.
- Une cellule photo-sensibles sur lequel est transmis le signal lumineux (c'est le cas des appareils photos numériques). Elle transforme l'énergie (lumière) en une série d'impulsions électriques. La charge électrique est directement proportionnelle à la lumière captée. Une charge nulle produit du noir, une charge maximum produisant du blanc. A ce stade, le CCD produit toutes les nuances de gris (le nombre de niveaux de gris est néanmoins réduits par les fabricants). En décomposant le contenu en rouge, jaune et bleu par des filtres de couleurs, on obtient par exemple : 256 nuances de bleu * 256 nuances de vert * 256 nuances de rouge = 16.777.216 combinaisons de couleurs possibles.

Une image numérisée est appelée une image Bitmap. C'est en faite une matrice qui détermine la position, la couleur d'un pixel. La taille d'un pixel est de l'ordre de 6 à 10 microns. Lors d'une numérisation, l'échantillonnage détermine la qualité du signal. En effet plus le nombre de bits par pixel est élevé, plus l'information sur ce pixel sera proche de la réalité. Par exemple, une image codée en 1bit /pixel ne permet d'avoir en sortie que deux couleurs (noir et blanc).

Echantillonnage	Niveaux	Type d'image
1 bit/pixel	noir et blanc	film au trait
8 bits/pixel	256 niveaux de gris	image en demi-teinte
8 bits/couleur/primaire	256x256x256 couleurs	image en RVB
12 bits/couleur/primaire	4096x4096x4096 couleurs	image en RVB + Alpha
16 bits/couleur/primaire	65536x65536x65536couleurs	RVB en haute déf.

TAB. 3.1 – Couleurs et pixels

Dans le cadre d'une numérisation, il convient de distinguer la résolution de l'appareil d'acquisition de la résolution de l'écran. L'unité conventionnelle utilisée est le pixel par pouce (1pouce = 2.4cm). La résolution d'acquisition est déterminée au moment du scan. Elle va de 50ppp à 4200ppp. Une image à 4200ppp reproduira le plus fidèlement possible la réalité mais l'inconvénient sera la taille de l'image. En effet plus la résolution est élevée plus la taille du fichier généré sera élevée. La résolution qu'un écran est capable d'afficher dépend de la taille de celui-ci (15, 17, 19, 21 pouces etc).

Résolution en pixels
640 x 480 pixels
800 x 600 pixels
1024 x 768 pixels
1280 x 1024 pixels
1600 x 1200 pixels

TAB. 3.2 – Resolutions en pixels

3.2 Indicateur de base

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). Ainsi, l'histogramme d'une image en 256 niveaux de gris sera représenté par un graphique possédant 256 valeurs en abscisses, et le nombre de pixels de l'image en ordonnées.

On parle, ici d'études statistiques du fait que l'ordinateur ne fait que des calculs assez simplistes comme la moyenne, la variance ou encore l'écart type, le tout à partir de l'histogramme de départ, ce qui lui permet d'améliorer l'image de différentes façon. Cela permet entre autre, d'arranger certains aspects de l'image comme, la luminosité, la netteté, les contours etc. Mais cela se fait dans la totalité de l'image, sans tenir compte de certaines parties de l'image qui faussent ces études statistiques . L'histogramme ne donne aucune information sur la position des pixels mais que sur leur nombre et leur intensité. Il sera alors très difficile de modifier très légèrement la luminosité de la partie droite d'une image si celle-ci contient un grand nombre de pixels proche du zéro (très foncé) sur sa partie gauche, car en moyenne, l'histogramme va favoriser un grand éclaircissement de toute l'image. Il s'agit d'une limite importante de l'histogramme qui peut néanmoins être contournée avec la possibilité de faire plusieurs histogrammes

sur certaines parties d'une image.

3.2.1 Exemple des limites de l'histogramme

Ces deux images qui sont complètement différentes ont pourtant le même histogramme car elles ont le même nombre de pixels dans les mêmes teintes de couleur. Cela prouve bien que l'histogramme ne donne aucune information sur la position des différents pixels au sein de l'image.

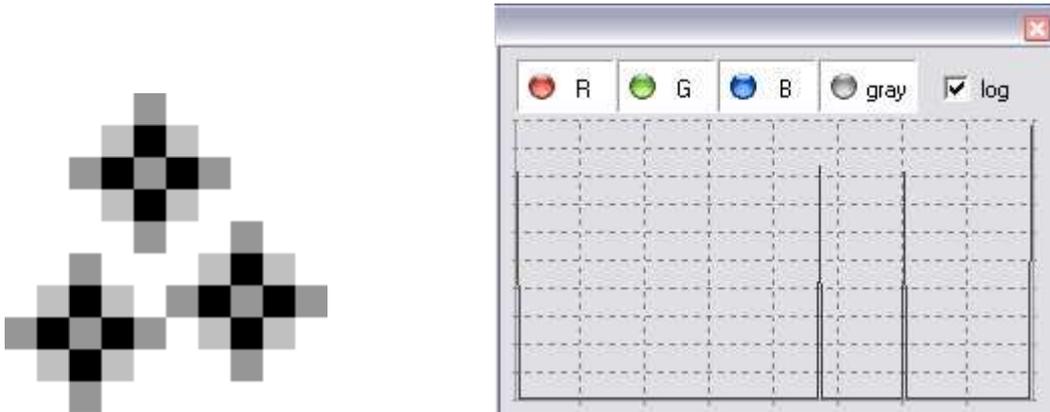


FIG. 3.1 – Histogramme 1

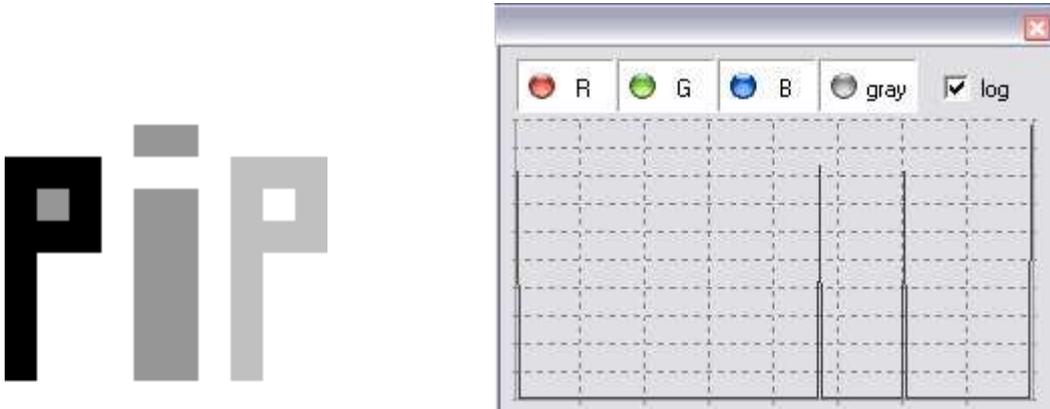


FIG. 3.2 – Histogramme 2

3.2.2 Etude de la dynamique de quelques images

Objects.bmp

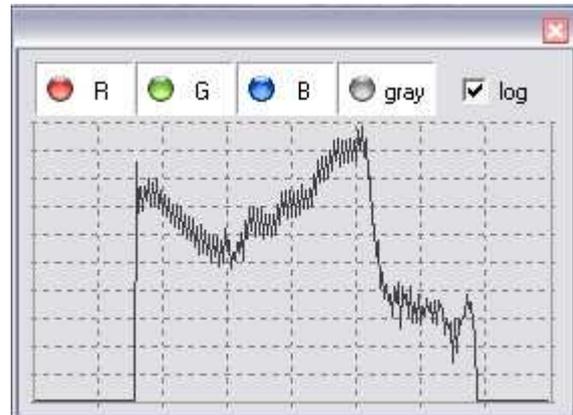


FIG. 3.3 – Objets

Cette histogramme nous apprend qu'il n'y a pas de teintes très noires ou très blanches dans cette image, mais on observe quand même une palette de gris assez différente dans des proportions très nuancées ce qui permet de bien dicerner les objets qui composent cette image.

Lena.bmp

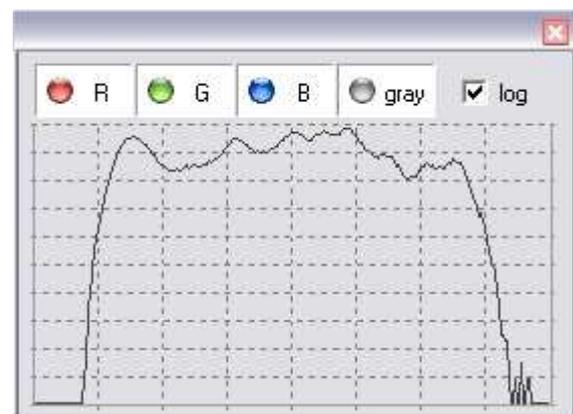


FIG. 3.4 – Léna

L'histogramme de Lena, permet de constater que c'est une image très nuancée, en effet on remarque une grande palette de gris différents. Chaque teinte ayant plus ou moins le même nombre de pixels au sein de l'image.

Couloir.bmp

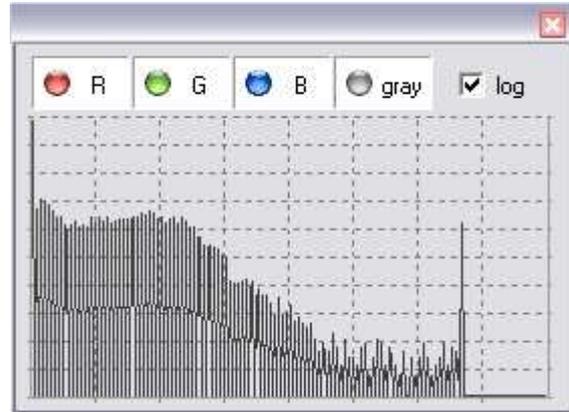


FIG. 3.5 – Couloir

On constate que la courbe est désaxée du côté gauche de l'histogramme, cela traduit une faible luminosité (les pixels sombres étant représentés le plus à gauche, en abscisse).

Chromosomes.bmp

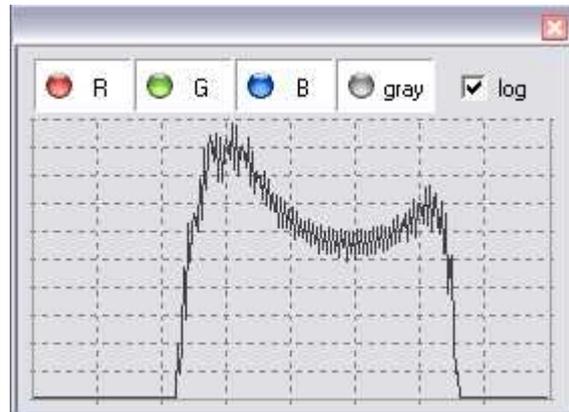
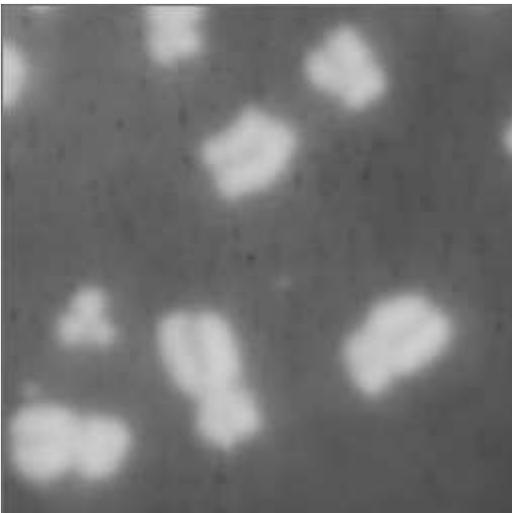


FIG. 3.6 – Chromosomes

De même sur cette image, l'histogramme nous montre que l'image contient un dégradé niveaux de gris entre deux valeurs précises. Ces valeurs correspondent à deux "pics". L'un correspond à l'arrière plan de l'image, l'autre, plus clair, aux chromosomes. Sur cette image, il serait sans doute utile d'appliquer une transformation afin de distinguer mieux les chromosomes du fond (ex : binarisation).

3.3 Traitement d'images

3.3.1 Traitements sur quelques exemples

ArbreD.bmp

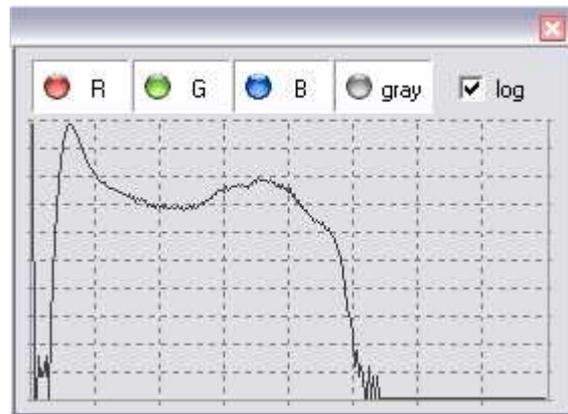


FIG. 3.7 – Arbre default

Du fait de l'exposition ou de la mauvaise utilisation de l'objectif, cette image (ci-dessus) est très sombre, ce qui nous permet de distinguer un arbre mais pas de façon très précise. Cet effet dégradant peut être inversé à l'aide d'un filtre lumineux comme "Lighten" sur CxImage qui permet (sur l'histogramme) de faire un décalage du niveau d'intensité des pixels tout en gardant leurs nombres sur l'image. Un deuxième filtre nommé "sharpen" permet ensuite à l'image de devenir plus vive, ce qui donne le résultat ci-dessous.

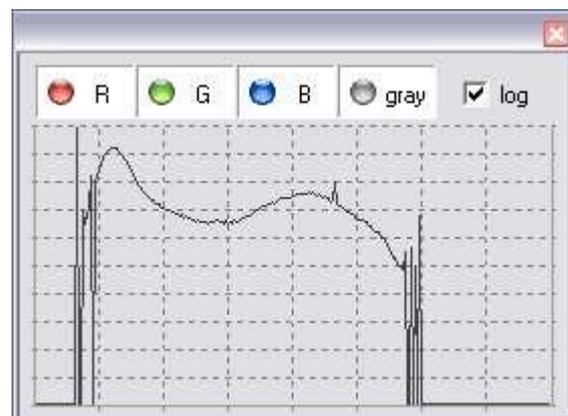
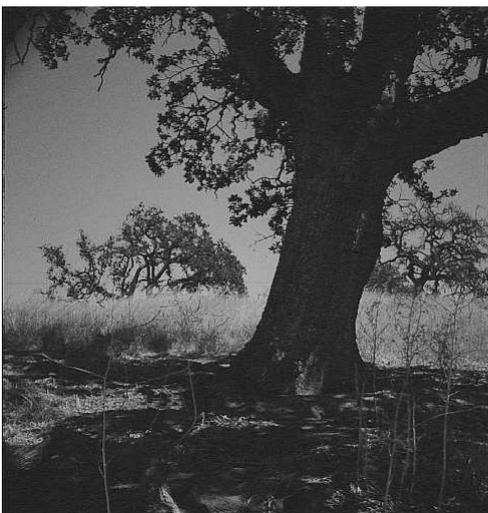


FIG. 3.8 – Arbre plus lumineux et plus vif

Couloir.bmp

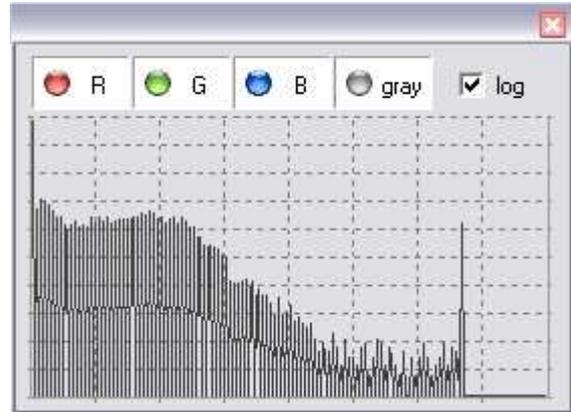


FIG. 3.9 – Couloir default

Cette image est également sombre ce qui ne permet pas à l'oeil d'identifier différentes portes sur les deux côtés du couloir. C'est en appliquant le filtre "Lighten" sur CxImage que l'histogramme va décaler les différents niveaux de gris vers la droite (le blanc) et augmenter le nombre de pixels pour chaque niveau de gris. Cela permet donc d'obtenir une image traitée sur laquelle les portes du couloir sont toutes visibles.

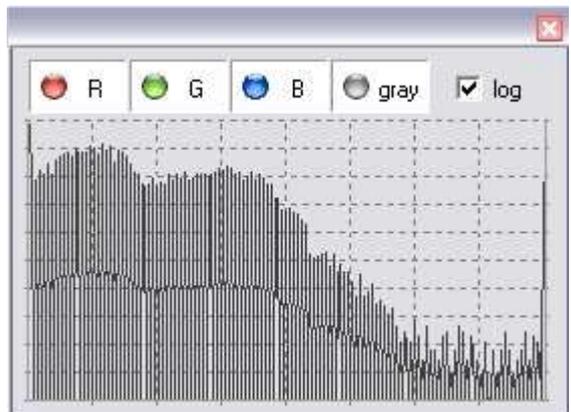


FIG. 3.10 – Couloir lighten

Tête.jpg



FIG. 3.11 – Tête bruit poivre

Cette image que j'ai rajoutée dans la banque d'images, possède un phénomène dégradant qu'on appelle ici le "bruit poivre", il s'agit de petites taches noires qui apparaissent sur la photo. Il suffit ici d'utiliser un opérateur morphologique appelé la dilatation pour supprimer cet effet dégradant (le fonctionnement des opérateurs morphologiques sera étudié par la suite).



FIG. 3.12 – Tête bruit sel

Cette seconde image qui possède l'effet dégradant inverse, c'est-à-dire le "bruit sel", est traitée avec l'opérateur morphologique inverse de la dilatation : l'érosion.

3.4 Segmentation

La segmentation vise à identifier les objets présents au sein d'une image en les différenciant du fond. L'exemple le plus simple serait de déterminer des formes de couleurs blanche sur un fond noir. Dans un tel exemple on suppose que l'image a déjà subi un traitement (binarisation), de fait, la segmentation en est simplifiée. Pour ce faire, on attribuera à chaque pixel blanc un code indiquant à quel objet il appartient. Au final, en réunissant les pixels ayant le même code on pourra déterminer les formes.

3.4.1 La binarisation de l'image

Méthode

On définit l'image comme une matrice de pixels à i colonnes et j lignes. Un pixel est alors défini tel que $p(i,j)$. On parcourt l'image pour chaque $p(i,j)$, on regarde si le niveau de gris est inférieur au seuil. Si c'est le cas, on attribue au pixel $p(i,j)$ la valeur 0, sinon on attribue la valeur 255.

Définir un seuil

On peut le définir manuellement, la valeur est alors purement choisie selon l'appréciation de l'utilisateur. Le but étant bien sûr de discerner le mieux possible les objets du fond. De façon automatique le seuil peut être choisi suivant des critères statistiques. Comme la médiane, la moyenne des niveaux, ou plus simplement en prenant systématiquement 128 ($256 / 2$).

Exemples



FIG. 3.13 – Objets default et binarisation seuil 173

Prenons l'image objets, on veut faire ressortir la clef, après une étude on remarque que le seuil 173 fera très bien ce travail.

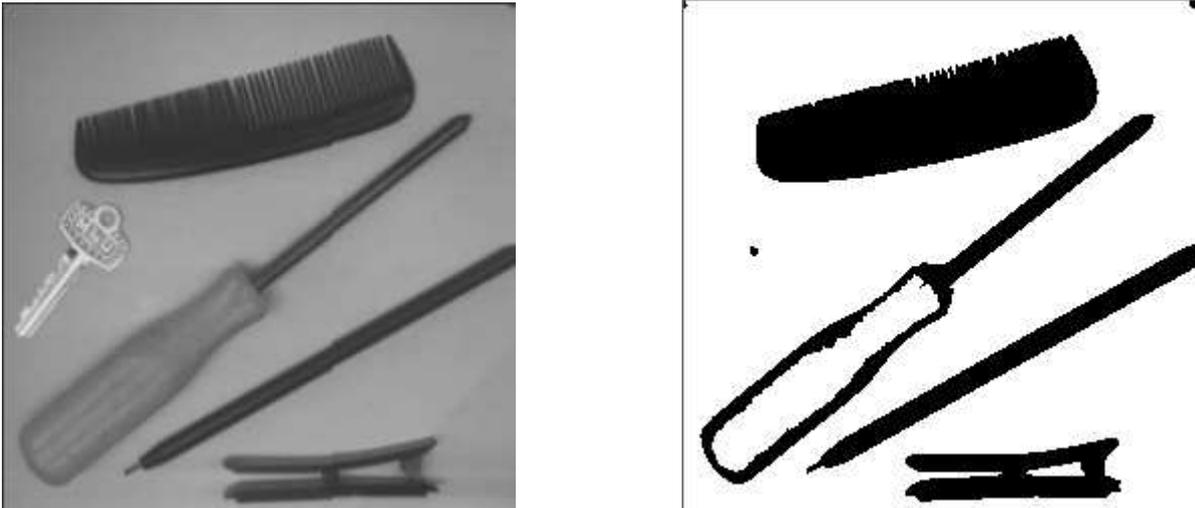


FIG. 3.14 – Objets default et binarisation seuil 115

Pour les autres outils, c'est le seuil 115 qui les fera ressortir.

Il paraît ici impossible de faire apparaître tous les objets dans la même image après une segmentation, du fait du seuil très différent qui les mets en valeur. Cependant on peut utiliser ce qu'on appelle la segmentation alternative. Elle permet de partitionner l'image en plusieurs régions et d'attribuer un seuil de binarisation à chacune d'entre elles pour que tous les objets apparaissent sur la même image.

3.4.2 l'extraction de contours

Un contour est un ensemble de pixels séparant deux régions. Ils peuvent être détectés par une forte variation d'intensité lumineuse.

Les deux filtres utilisés dans la détection des contours sont "contour" et "edge" de CxImage. Bien que ces deux outils aient à la base le même but, leur fonctionnement est différent et nous allons observer leur caractéristiques sur une série d'images tests.



FIG. 3.15 – Arbre default - Contour - Edge

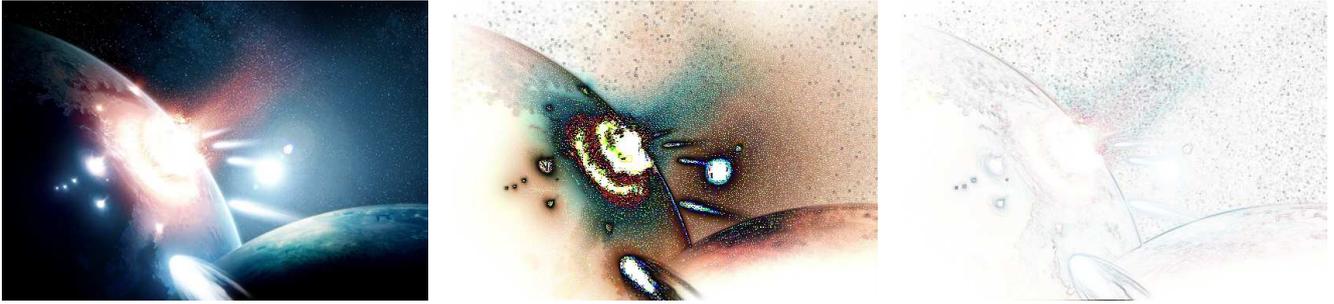


FIG. 3.16 – Cataclysm default - Contour - Edge

On constate que le filtre nommé Contour est très sensible au bruit, mais il a l'avantage de conserver plus d'informations que le filtre edge. En effet, le filtre edge donne des contours plus marqués, mais ils sont parfois flous et des éléments de l'image d'origine sont perdus (très visible sur une image en couleur). Par exemple, sur la photo de l'arbre, le filtre edge n'apporte aucun résultat, contrairement à contour.

La précision dans la détection et la résistance au bruit sont deux éléments important à considérer lors du choix d'un filtre. Dans le cas d'images "lourdes", on peut aussi s'intéresser à la complexité de l'algorithme, dans ce cas il semble que edge soit plus rapide (test effectué avec les deux filtre sur une image couleur de résolution 3200*2400, 72ppp).

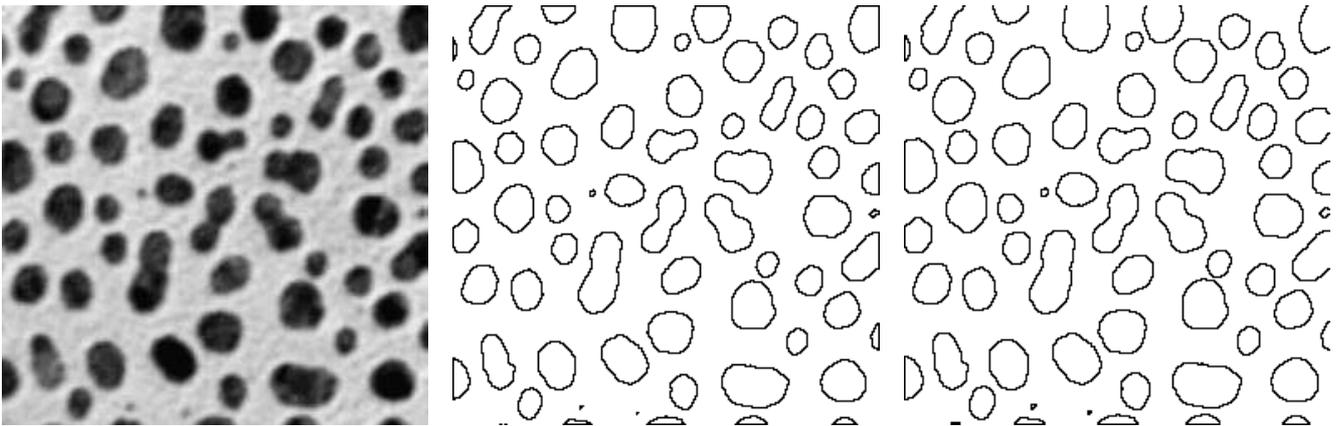


FIG. 3.17 – Blobs default - Binaire + Contour - Binaire + Edge

Il est à noter que les deux filtres offrent de très bons résultats sur une image pré-binarisée. En effet, le contraste entre l'arrière plan et les objets est alors maximal. Dans ce cas il semble cependant que "edge" délimite des contours un peu plus larges que "Contour".

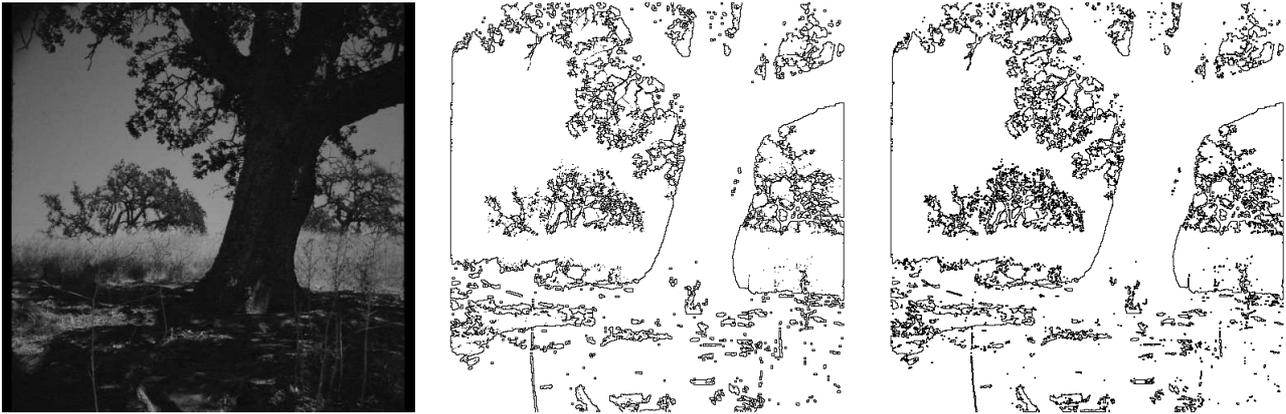


FIG. 3.18 – Arbre défaut - Binaire + Contour - Binaire + Edge

3.4.3 le partitionnement en régions

Le partitionnement en régions, comme son nom l'indique, consiste en une fragmentation de l'image d'origine en un nombre (défini ou non) de zones. La plupart des segmentations tendent à regrouper les pixels en régions, il existe de nombreuses méthodes se basant directement sur l'intensité qui suffisent dans la plupart des cas. Une autre méthode, dite par "croissance de régions", a un fonctionnement différent. En effet, l'algorithme divise en premier temps l'image en une multitude de régions (la plus petite entité concernée pouvant être le pixel), et tente ensuite de les regrouper suivant un certain nombre de critères définis. Le rassemblement de deux régions est déterminé par un seuil (ou critère) d'homogénéité. A l'inverse si une région ne respecte pas un critère d'homogénéité défini, on la divise alors en plusieurs sous-régions.

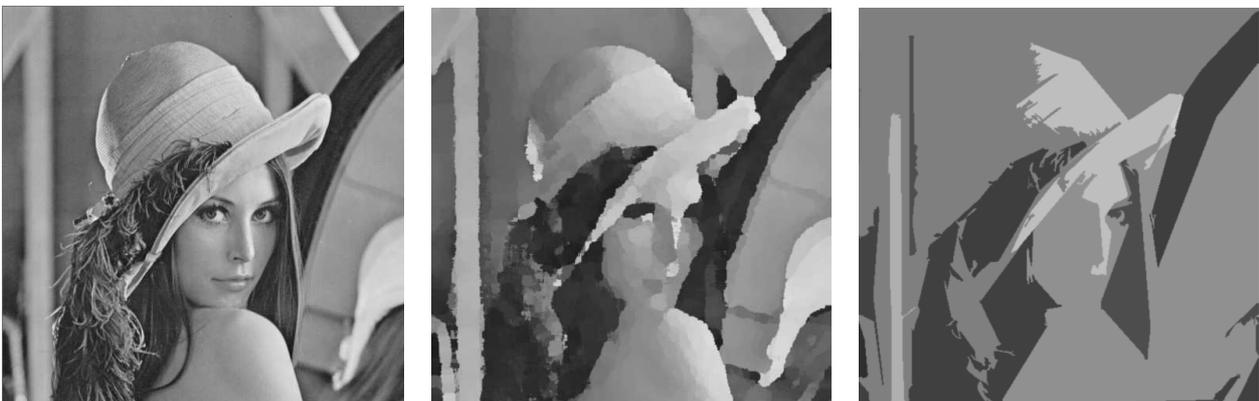


FIG. 3.19 – Lena défaut - Palette - Decoup

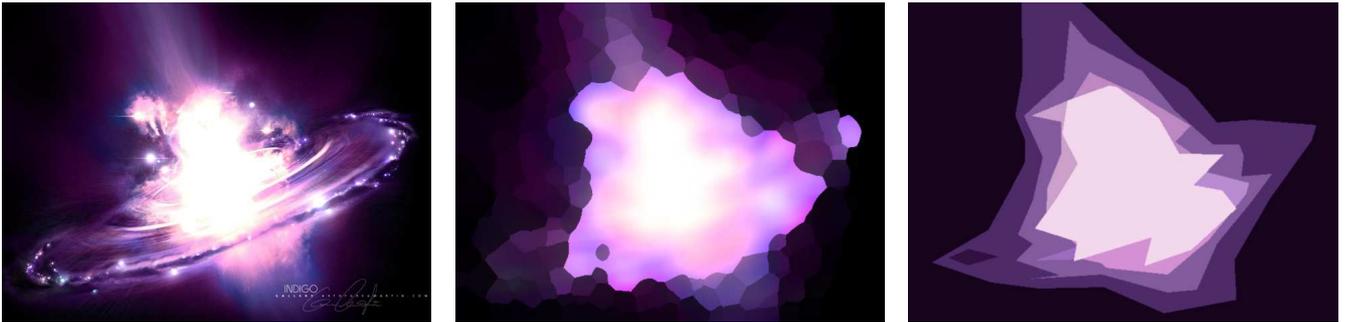


FIG. 3.20 – Indigo défaut - Palette - Decoup

Comme on peut le constater les découpages en régions obéissent à un certains nombre de critères, c'est pourquoi il est possible de choisir le niveau de détails recherché (taille/nombre des régions). Le résultat obtenue est une image considérablement simplifié ce qui va permittre une reconnaissance des formes plus aisée et rapide.

Comparaison des 3 approches

Suite à notre expérience, nous avons constaté que la binarisation est la forme de segmentation la plus utilisé. En effet, l'algorithme de traitement est très rapide et permet de ne garder que les informations essentiels de l'image. Par exemple, dans le cas d'un algorithme de reconnaissance de forme, la binarisation va permettre de distinguer parfaitement les formes du fond. Si on reprends l'exemple de la détection des formes, l'utilisation des contours peut sembler plus adaptée puisque l'algorithme aura alors moins de pixels à analysé (la forme étant délimité par un contour de pixels), malheureusement dans le cas d'un contour discontinu la reconnaissance deviendra plus complexe.

Le partitionnement en régions quand à lui, se rapproche de la binarisation en séparant l'image en différentes zones tout en gardant l'information couleur. Cependant cette méthode est beaucoup moins précise.

3.5 Transformation

Une image correspond à des pixels contenue dans un repère xOy , ce qui nous permet d'effectuer des modifications sur ces pixels grâce au repère pour modifier cette image. Il existe cependant d'autres méthodes pour traiter une image. La transformée de Fourier est l'une d'entre elle, elle permet de passer l'image du repère xOy à une nouvelle représentation de l'image dans l'espace des fréquences. Pour visualiser cette image, on représente sa norme (Power Spectrum) et sa phase :

- Chaque point correspond à une sinusoïde 2D
- On a donc sa "force" et sa "position"

Une fois ce repère des fréquences obtenues, on peut effectuer des filtrages sur celui-ci, puis par transformée de Fourier inverse, on retrouve l'image originale qui a été traitée. La transformée de Fourier permet notamment de détecter la présence de "motifs périodiques".

Motifs périodiques

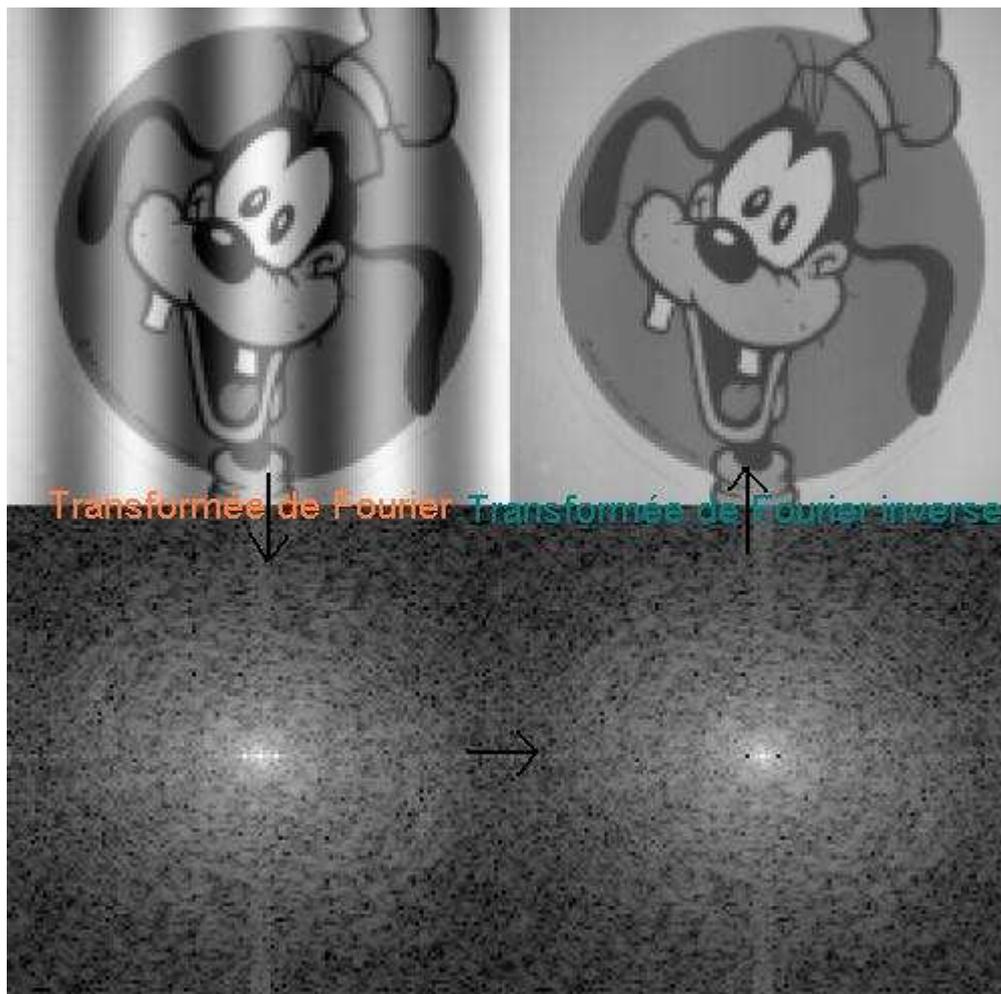


FIG. 3.21 – Transformée de Fourier motifs périodiques

Filtrage

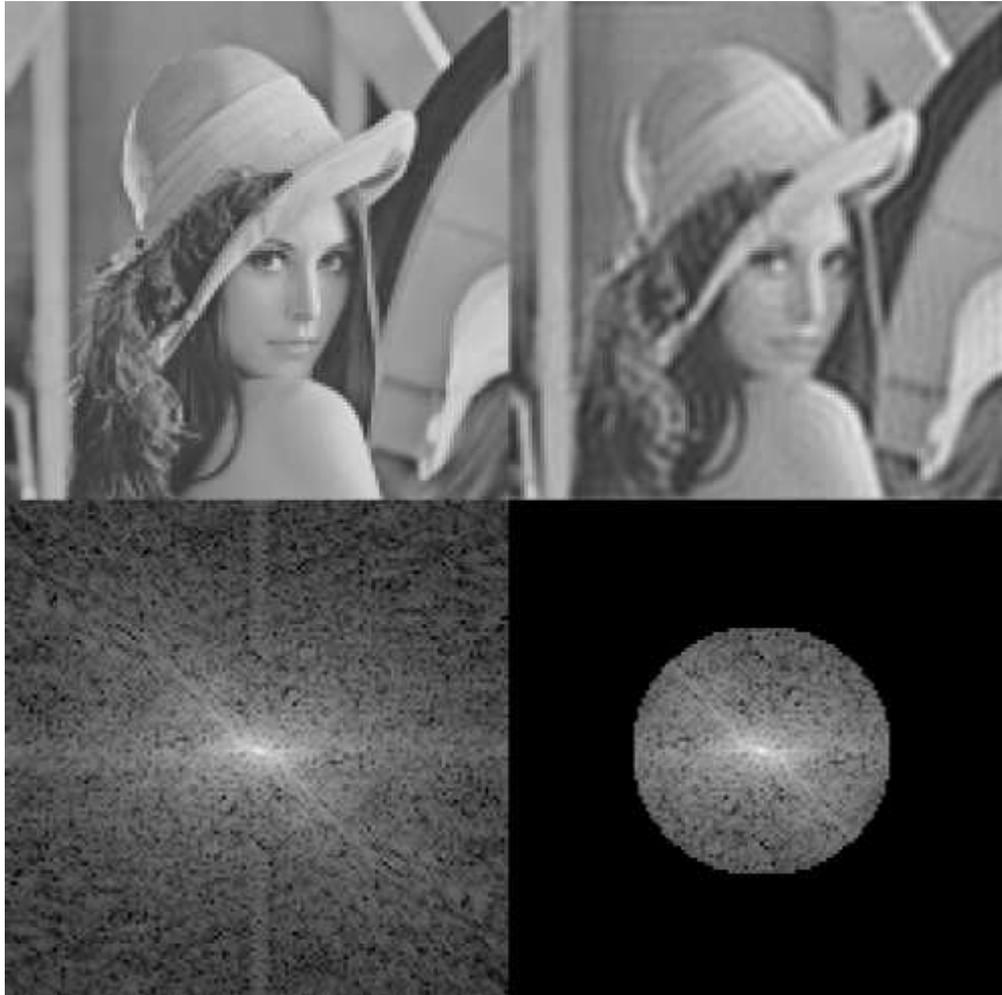


FIG. 3.22 – Transformée de Fourier filtrage

Horiz.jpg

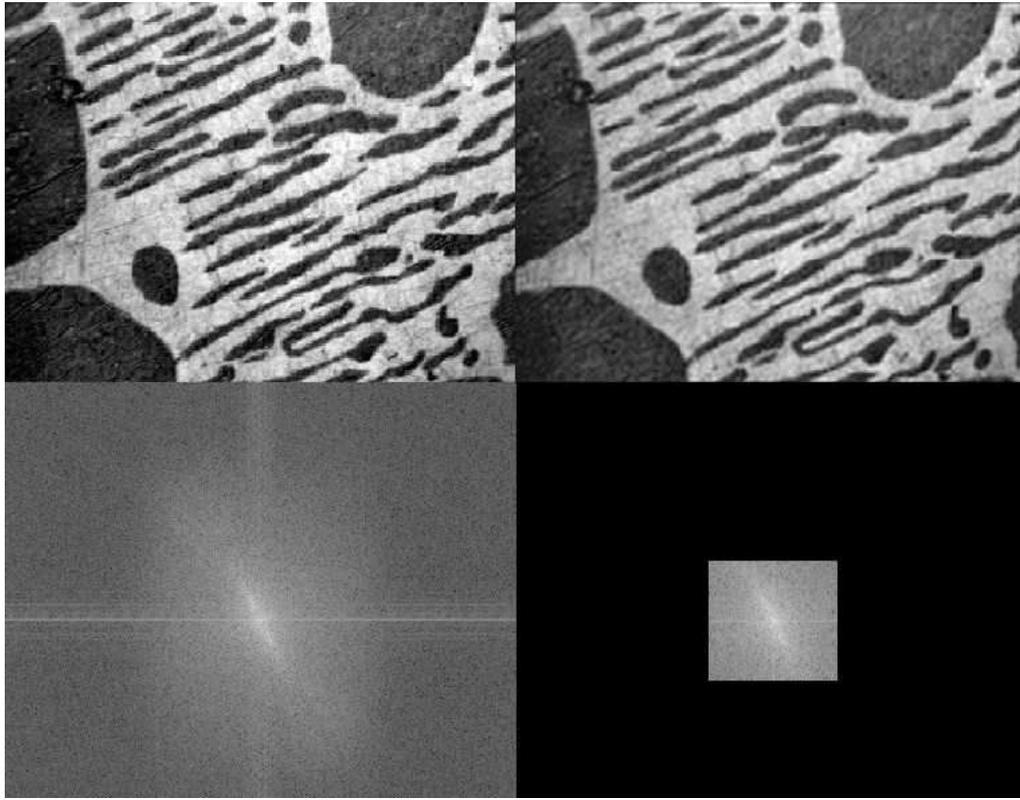


FIG. 3.23 – Transformée de Fourier de horiz.jpg

Sur l'image horiz, on peut apercevoir une sorte de trame un peu en diagonale de l'image. Sur le spectre de fourier, cela se traduit par de grand traits horizontaux qui traversent l'image.

3.5.1 Les images couleurs

La présence de la couleur est effectivement peut importante dans le traitement de l'image et son information est évaluée à 5%. Cependant dans l'exemple de plusieurs objets ayant la même forme dans une image, elle peut permettre de les différencier.



FIG. 3.24 – Images couleurs

Il est alors préférable dans un premier temps de détecter les différents objets de l'image. Cela se fait à l'aide de la binarisation de l'image et d'un algorithme approprié. Par la suite, on peut sélectionner un pixel qui se trouve à l'intérieur d'un objet (de préférence au centre) puis comparer les coordonnées de ce pixel avec les coordonnées du même pixel dans l'image couleur de départ. On regarde la couleur de ce pixel, ce qui nous donne alors la couleur de l'objet. On peut effectuer l'opération plusieurs fois pour être sûr que ce ne soit pas un pixel isolé avec une couleur qui ne correspond pas exactement à celle de l'objet.

3.6 Exemples d'applications

3.6.1 Morphologie mathématique

Lors du traitement morphologique, il est préférable que les objets soient blancs et le fond noir, on effectue alors une binarisation et d'autres traitements comme l'ouverture ou la fermeture.

Exemple d'une décomposition : l'ouverture (érosion puis dilatation).

1	1	1	1			1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1			1	1	1	1

TAB. 3.3 – Forme initiale

Forme initiale.

0	0	0	0			0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0			0	0	0	0

TAB. 3.4 – Forme érodée

Forme érodée (en 0 apparaissent les points de la forme initiale qui ne font pas partie de l'érodé).

1	1	1	1			1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1			1	1	1	1

TAB. 3.5 – Forme finale

Forme finale (en 0 apparaissent les points qui ne sont pas conservés après dilatation de l'érodé).

Ici l'objet est noir sur fond blanc.

- L'érosion du blanc = dilatation du noir
- Dilatation du blanc = érosion du noir

Exemple d'érosion sur Diatoms.jpg



FIG. 3.25 – Erosion

L'érosion est un opérateur morphologique qui permet de supprimer les points isolés, mais elle diminue la taille des objets. L'érosion du blanc effectue une dilatation du noir ce qui bouche les trous comme on peut le voir facilement. L'érosion est très utilisée pour supprimer le "bruit sel", de petites taches blanches se trouvant sur l'image.

Exemple de dilatation sur Diatoms.jpg

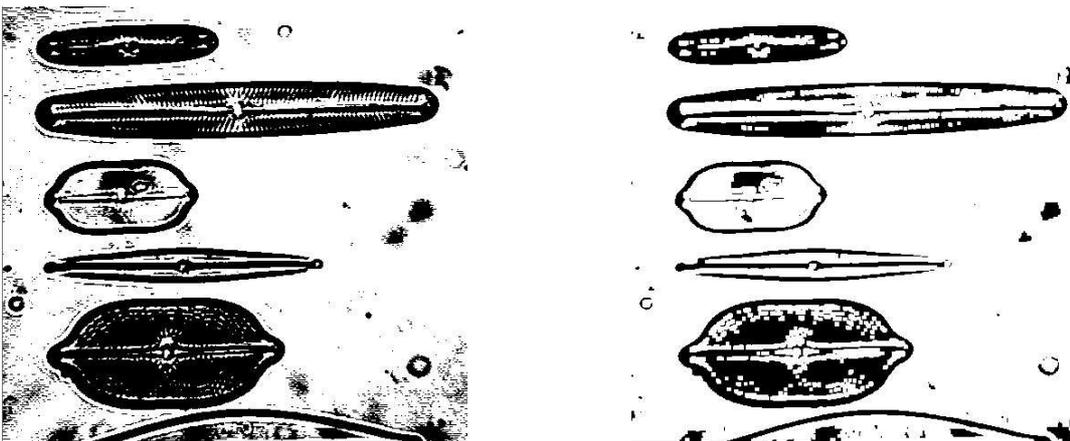


FIG. 3.26 – Dilatation

La dilatation est un opérateur morphologique qui bouche les trous et comble les concavités, mais elle agrandit la taille des objets. La dilatation du blanc effectue une érosion du noir ce qui supprime l'ensemble des points isolés. La dilatation est également utilisée pour supprimer le "bruit poivre", de petites taches noires se trouvant sur l'image.

Pour éviter les problèmes de taille après l'érosion ou la dilatation, on utilise les opérations d'ouverture et de fermeture.

Opération d'ouverture

L'idée de l'ouverture est de faire suivre l'érosion d'une dilatation ce qui permettra de supprimer les petits détails tout en conservant la taille des différents objets.

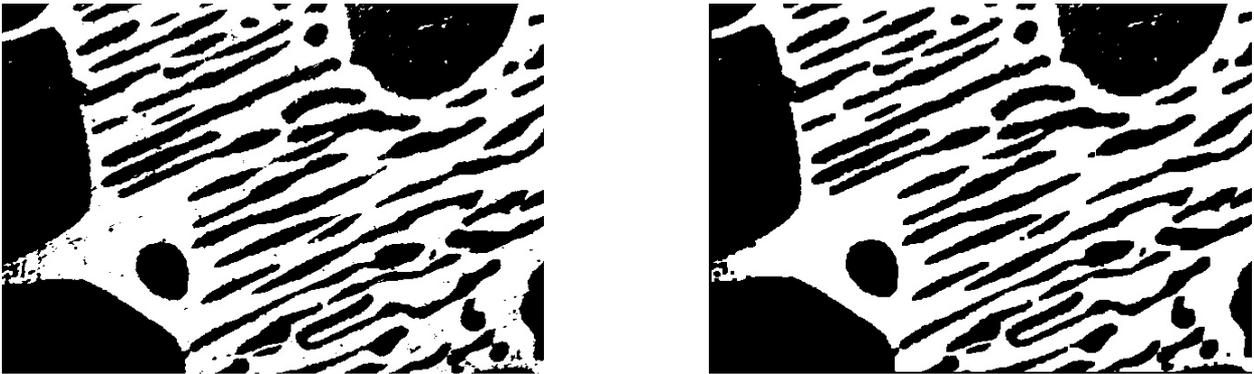


FIG. 3.27 – Ouverture

Opération de fermeture

L'idée de la fermeture est de faire suivre la dilatation par une érosion. Les trous seront alors bouchés mais les objets garderont leur taille.

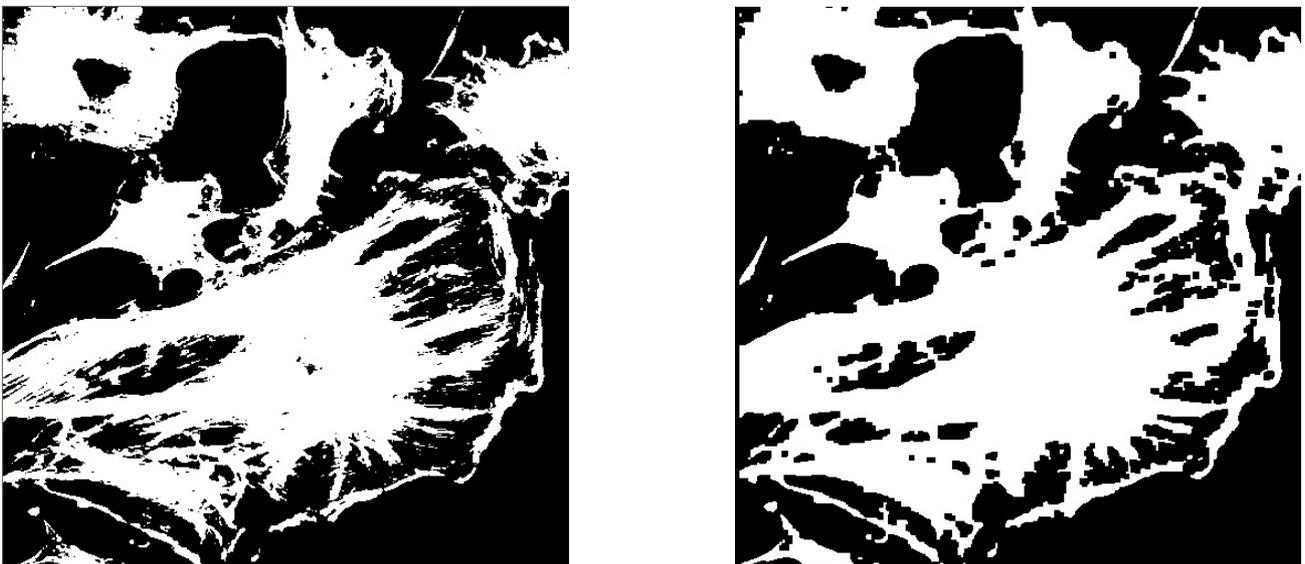


FIG. 3.28 – Fermeture

Pour utiliser ces différentes opérations, nous avons dû d'abord binéariser les images, mais aussi passer un filtre négatif sur celles-ci dans le cas où les objets étaient noirs. Une fois blancs, les objets sont traités par les opérateurs morphologiques, puis il ne reste plus qu'à réutiliser le filtre négatif pour revenir à l'image binéarisée de départ.

Position des oreilles d'un chat

A l'aide de la fermeture, nous allons pouvoir transformer une image pour qu'elle puisse facilement être lue par un algorithme qui détectera la position des oreilles du chat.

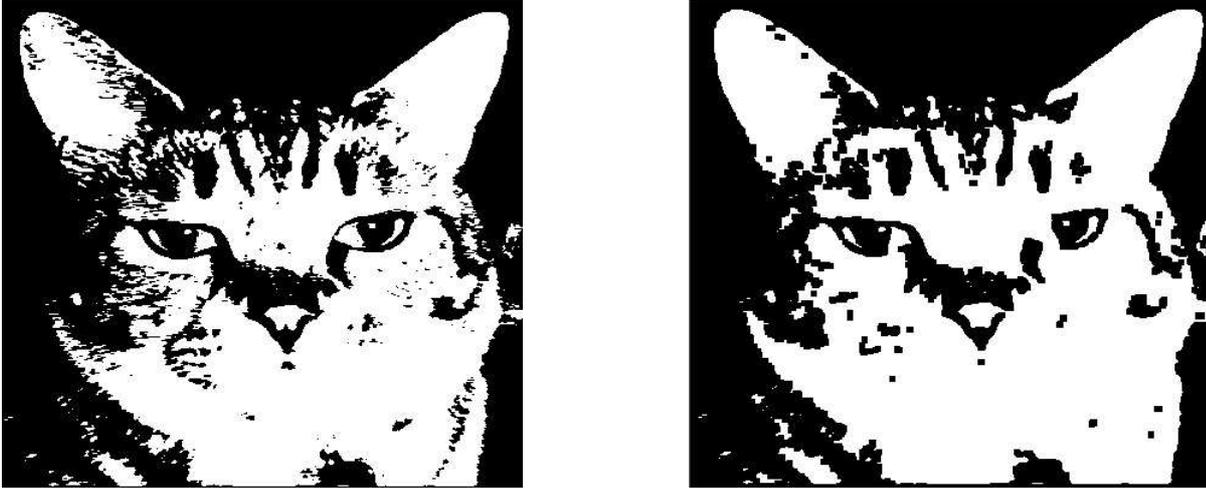
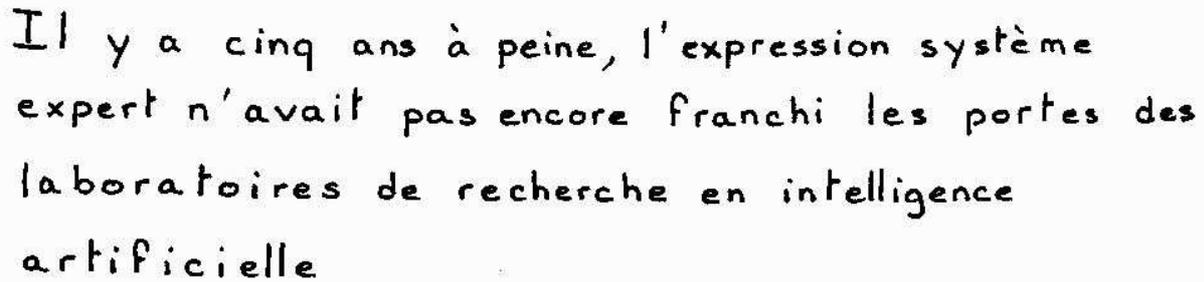


FIG. 3.29 – Fermeture

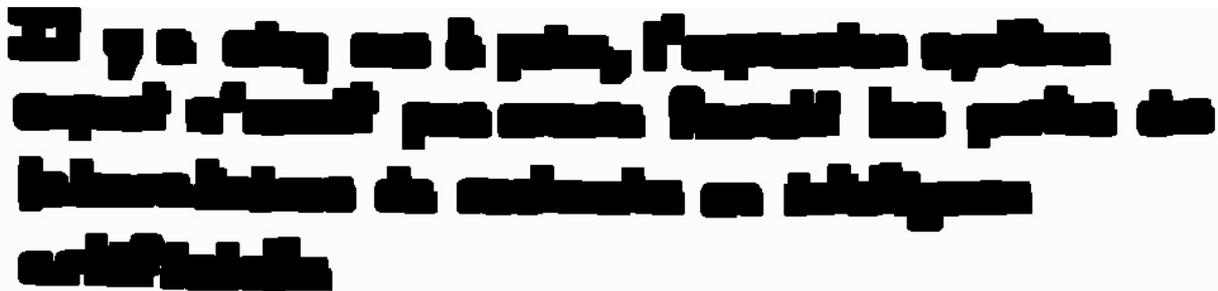
3.6.2 Analyse d'un document manuscrit



Il y a cinq ans à peine, l'expression système expert n'avait pas encore franchi les portes des laboratoires de recherche en intelligence artificielle

FIG. 3.30 – Texte default

On veut pouvoir traiter ce document manuscrit pour qu'il puisse être lu automatiquement par un algorithme, mais les principales difficultés rencontrées sont l'extraction des mots puis des lignes. Pour effectuer ce travail, nous allons tester différentes opérations morphologiques pour trouver la plus adéquate. IL semble logique d'utiliser l'érosion pour un texte noir ce qui aura pour objectif de grossir les lettres pour que les mots ne fassent plus q'un seul bloc et puisse facilement être compter. Si l'on passe le texte en blanc à l'aide du filtre "négatif", on utilisera alors la dilatation.



Il y a cinq ans à peine, l'expression système expert n'avait pas encore franchi les portes des laboratoires de recherche en intelligence artificielle

FIG. 3.31 – Texte érosion 30 fois

Sur ce texte noir sur fond blanc, on effectue une première dilatation pour supprimer les points isolés, puis un certain nombre d'érosions. Après 30 érosions, toutes les lettres d'un même mot sont collés entre elle sans que les mots se touchent. Ils est alors possible de passer un algorithme qui détecte le nombre de mot par ligne comme l'on détecterai le nombre d'objet dans une image.

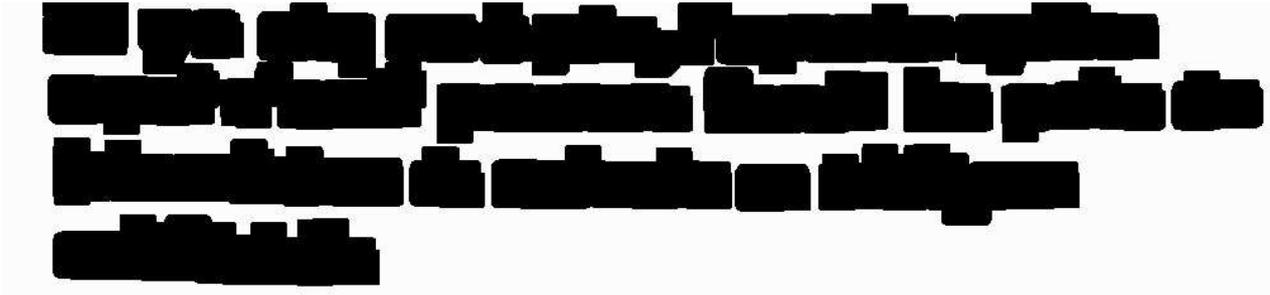


FIG. 3.32 – Texte érosion 50 fois

Si l'on continue l'érosion jusqu'à l'avoir fait 50 fois, on s'aperçoit que les mots sur 2 lignes différentes vont commencer à se toucher avant que tous les mots d'une même lignes ne forment qu'un seul bloc. Il doit cependant être possible de détecter la présence d'une seule ligne même si tous les mots de celle-ci ne se touche pas tous.

Attention, tout ceci n'est que la première étape de l'analyse d'un document manuscrit. Par la suite, connaissant le nombre de ligne et de mot, il faudra faire comprendre à l'ordinateur quels sont ces mots en questions. Mais il s'agit ici d'un tout autre travail qui est loin d'être simple.

3.6.3 Vision industrielle

Lecture d'une plaque minéralogique

Cette plaque minéralogique est très claire et il est alors difficile d'identifier clairement les lettres et les chiffres la composant. Pour qu'un ordinateur puisse le faire à l'aide d'un algorithme, nous devons d'abord affectuer un pré-traitement qui améliorera les conditions de visions puis réaliser une binarisation pour qu'il ne reste plus que du blanc et du noir. Par la suite l'algorithme peut facilement se charger de retrouver le contenu de la plaque. Seul, le pré-traitement sera étudié mais il est important de savoir que de tels algorithmes existent.

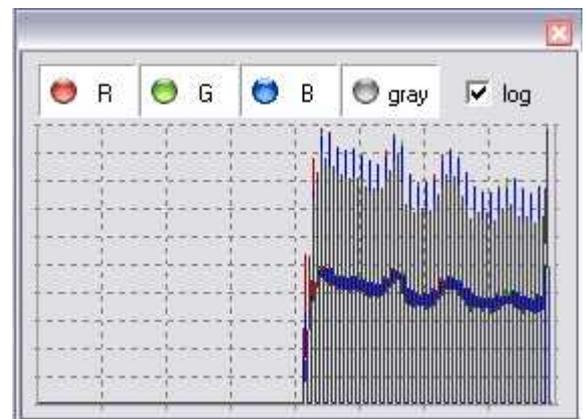


FIG. 3.33 – Plaque default

En examinant l'histogramme de l'image à étudier, on s'aperçoit que les teintes sont très claires et que les niveaux de gris ne sont pas très élargis. Les filtres que nous allons utiliser un certain nombre de fois sont l'assombrissement et le contraste.

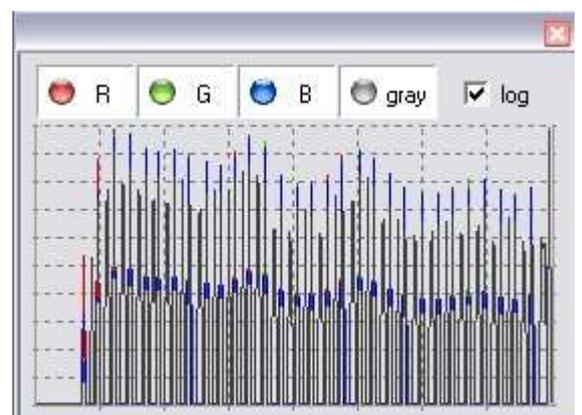


FIG. 3.34 – Plaque après traitement

Une fois ce pré-traitement achevé, il suffit d'effectuer une binarisation de l'image, ici avec un seuil de 123. Cela nous donne bien une image en noir et blanc capable d'être lue à l'aide d'un algorithme informatique. Cet algorithme parcourra les pixels de l'image et en regroupant des pixels blancs sur la largeur et la longueur, il reconnaîtra des chiffres et des lettres ce qui permettra d'identifier le véhicule.

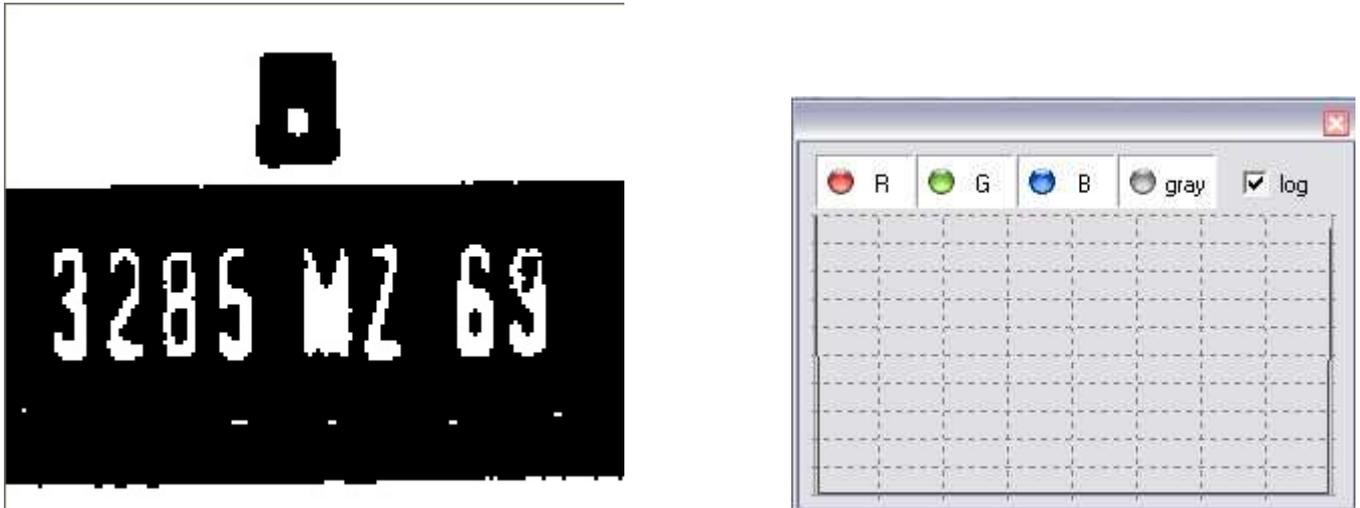


FIG. 3.35 – Plaque binéariser

Conclusion

Cette Introduction à la vision par ordinateur nous a permis de découvrir les grands thèmes, les idées essentielles à retenir dans le cadre de la reconnaissance de formes. L'étude de l'histogramme révèle ainsi la dynamique globale de l'image, il est un outil privilégié qui va permettre de choisir les traitements à appliquer (luminosité, contraste etc...). L'image ainsi traitée offre déjà un bien meilleur support de travail. Afin de rendre possible l'exécution d'un algorithme soumis à un certain nombre de contraintes, il faut simplifier au maximum l'image et ne retenir que les composants essentiels. C'est à ce niveau que va intervenir la segmentation : binarisation, extraction des contours ou partitionnement en régions.

De ce projet, on retiendra tout particulièrement l'importance du pré-traitement de l'image, qui est le facteur clé de la réussite d'une reconnaissance de formes. La photographie sera dans la plupart des cas transposée en niveau de gris. En effet l'information apportée par la couleur ne représente théoriquement pas plus de 5% en comparaison d'une image en niveaux de gris. La difficulté de ce pré-traitement est de garder le maximum d'informations tout en simplifiant le plus possible l'image.

Pour conclure, on peut dire que la recherche dans le domaine de la vision artificielle offre de nouvelles perspectives d'applications. On imagine ainsi sans mal le développement d'une intelligence artificielle pouvant capter, analyser des images et réagir en conséquence. D'un autre côté, on peut espérer une reconnaissance de caractères aussi infaillible que celle de l'homme. En effet, la vision de l'homme et l'interprétation qu'il en fait reste, et restera encore longtemps, un idéal à atteindre pour tous les chercheurs en vision artificielle.

Bibliographie

- [1] A. Tauvy, N. Carayon et S. Soissons. *Egalisation D'histogramme*, ENST Paris, 2001.
- [2] T. Boudier. *Imagerie Numérique en Biologie*. Informatique appliquée à la Biologie. 1997.
- [3] S. Miguet. *Introduction à la morphologie mathématique*. Techniques Avancées en Imagerie. 2004.
- [4] F. Davoine. *Partitionnements de l'image*. Thèse préparée au sein du Laboratoire TIMC - Institut IMAG. 1995.
- [5] H. Glotin. *Segmentation d'images : principes*. Recherche d'information dans les documents multimédia. 2005.

ANNEXE A

Liens utiles

Voici une petite liste d'url intéressantes au sujet de ce Mini-projet :

- <http://www.polytech.univ-tours.fr>
- <http://telesun.insa-lyon.fr>
- <http://www.commentcamarche.net>
- <http://benallal.free.fr/ti/>
- <http://www.vieartificielle.com/article/index.php?id=188#eval>
- <http://www.irht.cnrs.fr/formation/cours/acq/numerique.htm>
- <http://dionysos.univ-lyon2.fr/~miguet/>
- <http://mantis.free.fr/articles/tf.htm>
- <http://telesun.insa-lyon.fr/~telesun/Traitement/L04/fft2D.html>
- http://www.ccr.jussieu.fr/urfist/image_numerique/Image_numerique1.htm
- <http://dept-info.labri.fr/%7Eeachille/enseignement/memoires-PDP/>
- http://bibliotheque.imag.fr/publications/theses/1995/Davoine.Franck/these.dir/pdf.dir/5_chapitre4.pdf
- http://glotin.univ-tln.fr/M1_OP12/Segmentation_images_principes.pdf

Index

érosion, 25

binarisation, 15

contours, 16

couleurs, 23

cximage, 2

dilatation, 25

document manuscrit, 28

echantillonnage, 8

fermeture, 26

morphologie, 24

ouverture, 24, 26

photofiltre, 2

plaque minéralogique, 30

régions, 18

résolution, 8

segmentation, 15

seuil, 15

transformation, 20

Introduction à la vision par ordinateur

auteurs : **Jonathan Courtois, Florent Renault** - Année : 2004-2005

Résumé : Cette première approche de la vision artificielle nous a apporté une bonne connaissance dans le traitement de l'image. Pour résumer, nous avons vu qu'une image bien étudiée requiert une analyse préliminaire. En effet, l'information la plus importante doit être sélectionnée, pour pouvoir appliquer un filtre qui simplifiera le travail de l'algorithme. La première étape est la correction des effets dégradants d'une image, comme la lumière ou encore le contraste. Ensuite intervient l'étape de la segmentation. Nous pouvons la différencier en trois méthodes. La plus utilisée est la binarisation, rapide et simple d'utilisation. Pour obtenir les contours de l'image, nous utilisons le filtre "contour". La dernière est le partitionnement par région qui n'est pas très précis mais garde l'information couleur. En dernier lieu, nous avons vu les différentes applications de la vision artificielle, à travers des exemples de l'industrie ou de la reconnaissance de caractère.

Mots clé : image, histogramme, vision artificielle, traitement, filtre, pixel, fourier, binarisation, opérateur morphologique

Abstract : This short approach of the artificial vision has provided us a good knowledge in the treatment process of a picture. To sum up, we have seen that a well done-picture recognition requires a previous analysis. Indeed, the most important information has to be selected, in order to apply a filter which will simplify the algorithm's work. The first stage is the correction of the picture's defects, like the brightness or the contrast. Here comes the segmentation stage. We can differentiate three different filters. The most useful is the threshold, fast and simple. To get the contour we'll use the "contour" filter. The last one is the area separation which has a bad accuracy but which keeps the color information. In the end we will see the different applications of the Artificial vision, for example in the industry, or in the character recognition.

Keywords : picture, histogram, artificial vision, treatment, filter, pixel, fourier, , morphological operator

Ce document a été formaté selon le format EPUProjetPIP.cls (©2005 - N. Monmarché)

École Polytechnique de l'Université de Tours
64 Avenue Jean Portalis, 37200 Tours, France
<http://www.polytech.univ-tours.fr>