

٢١٥ . ٥٥٤ . ٢١٥



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de 8 Mai 1945 – Guelma -

Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la matière

Département d'Informatique



## Mémoire de fin d'études Master

Filière : Informatique

Option : Système informatique

Thème :

---

---

Localisation du tableau de notes dans les relevés de notes du BAC

---

---

Encadré Par :

Dr. Abderrahmane KEFALI

Présenté par :

Soumia DRABSSIA

Juin 2018

# Abstract

Important documentary collections exist currently in libraries, societies and archives. The conservation and the archiving of these documents and their access to a large number is today an unavoidable need. Indeed, with the development of technology and the world, digitization is the solution adopted. Paper documents have been replaced in transactions by electronic documents that make it easy to retrieve and reuse information.

Our work is part of the electronic archiving and management of documents. We are interested here in a particular type of document, namely the transcripts of the Algerian Baccalaureate. These are stored in university archive services, usually in poor conditions, and are therefore threatened with a real danger of disappearing. From a digitized transcript we aim to detect and locate two important information that constitute the transcripts, namely **the notes table and the average table of the student**. These are the heart of the transcript.

We begin this work with a physical study of the baccalaureate transcripts. Since there are several survey formats (from 1997 to 2015), the proposed system is based on the extraction of scoreboards, we begin by improving the quality of the BAC transcript. Then the segmentation to extract the connected components of the image and eliminate the information that does not matter in the transcript. Then we went to the most important step in our system which is the location of the notes table and the average table, and the extraction of the information from these tables under sub-images format. We have added a recognition module that receives each sub-image and displays it as a string of characters. In the end we realized a retrieval system to give the importance of our system for a real application.

Finally, we present a global development on the use our proposed system. The proposed system has been applied to the 43 transcript images of our test corpus, and the obtained results are encouraging.

**Keywords:** documents analysis, location of area of interest, digital archiving, segmentation, structure recognition, physical and logical structure.

# Résumé

D'importants fonds documentaires existent actuellement dans les bibliothèques, sociétés et les services d'archives. La conservation et l'archivage de ces documents et leur accès à un grand nombre est constituée aujourd'hui un besoin incontournable. En effet, avec le développement de la technologie et du monde, la numérisation est la solution adoptée. Les documents papiers ont été remplacés dans les transactions par les documents électroniques qui permettent d'extraire et de réutiliser facilement l'information.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'archivage et la gestion électronique de documents. Nous nous intéressons ici à un type particulier de documents, à savoir les relevés de notes du Baccalauréat algériens. Ces derniers sont stockés dans les services d'archive des universités, généralement dans des mauvaises conditions, et ils sont donc menacés d'un réel danger de disparition. A partir d'un relevé de notes numérisé nous visons à détecter et localiser deux informations importantes constituant les relevés de notes, à savoir **le tableau de notes et le tableau de la moyenne de l'étudiant** constituant le cœur du relevé de notes.

Nous avons commencé ce travail par une étude physique des relevés de notes du baccalauréat de notre corpus de test (de 1997 jusqu'à 2015) afin de connaître leur structure. Le système proposé repose sur la localisation des deux tableaux après une segmentation du relevé en tenant compte de sa structure physique, par l'application de plusieurs traitements issus principalement du domaine de l'analyse de documents. La première étape dans le système proposé est l'amélioration de la qualité du relevé du BAC. Ensuite la segmentation afin d'extraire les composantes connexes de l'image et d'éliminer les informations inutiles dans le relevé. Puis nous avons passé à l'étape la plus importante dans notre système qui est la localisation du tableau de notes et du tableau de la moyenne, et l'extraction des informations à partir de ces tableaux sous formes de sous-images. Nous avons ajouté un module de reconnaissance qui reçoit chaque sous-image et résulte la note correspondante sous forme d'une chaîne de caractères. A la fin nous avons réalisé un système de recherche pour mettre en évidence l'importance de notre système pour une application réelle.

Enfin, nous avons présenté un développement global sur la manière d'utilisation du système que nous avons proposé. Le système proposé a été appliqué sur les 43 images de relevés de notes de notre corpus de test, et les résultats obtenus sont encourageants.

**Mots-clés :** analyse de document, localisation de zones d'intérêt, archivage numérique, segmentation, reconnaissance de structures, structure physique et logique.



# Remerciement

*Je tiens tout d'abord à remercier le bon Dieu tout puissant, de m'avoir accordé le courage, la patience, la volonté et surtout la santé pour réaliser et mener à bien ce modeste travail.*

*Mes remerciements les plus chaleureux et les plus vifs s'adressent à mon encadreur **M. Dr. Abderrahmane KEFALI**, pour ses précieux conseils, ses orientations et son aide pour que ce modeste projet soit à la hauteur.*

*Mes remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés aux membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont accordé en évaluant ce mémoire.*

*Ainsi, à tous les enseignants du département d'informatique qui ont contribué à notre formation.*

*Enfin, nous remercions tous nos collègues de fin de cycle Master  
« **promotion 2018 –SI–** ».*



# Dedicace

*Je tiens à faire hommage de ce modeste travail aux êtres les plus chers dans ma vie après DIEU, mon cher père « **Brahim** » le plus tendre et le plus affectueux de tous, pour tous son aide, son encouragements, son soutien et sa patience.*

*A ma très chère et tendre maman, qui jusqu'à ce jour me soutien et à qui je ne pourrais jamais assez exprimer mon amour et mon respect absolu. Que DIEU te garde et te protège pour nous ;*

*A mon cher et unique frère: **Mohamed saïf al dine.***

*A mes très chères et adorable sœurs : **Houda, Lamis et Maria***

*A mon mari : **Lotfi***

*A mes grandes mères, A ma belle famille*

*Et surtout sans oublier mes chères amies : **Asma, Fatima, Salma, Abir,***

***Khawla, Hanane,** et tous mes collègues de promo : 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup>*

*Année mastère système d'informaticque.*

*Miya...*

# Table de matières

Abstract .....	i
Résumé.....	ii
Remerciement .....	iii
Dédicace.....	iv
Table de matières.....	1
Table de figures.....	4
List des tableaux .....	6
Introduction générale.....	7
<b>Chapitre 1. Etude de document.</b> .....	<b>10</b>
1.1. Introduction.....	11
1.2. Aperçu sur le document .....	11
1.2.1. Qu'est-ce qu'un document ? .....	11
1.2.2. Document électronique vs Document papier .....	11
1.3. Notion Structure.....	12
1.3.1. Structure physique.....	12
1.3.2. Structure logique.....	13
1.3.3. Lien entre les structures physique et logique .....	14
1.4. Reconnaissance de document.....	14
1.5. Etapes du processus de reconnaissance de document.....	14
1.5.1. Le prétraitement .....	15
1.5.1.1. Lissage.....	16
1.5.1.2. Amélioration d'image .....	16
1.5.1.3. Restauration d'image .....	16
1.5.1.4. Séparation avant/arrière-plan .....	16
a) Seuillage global.....	17
b) Seuillage local .....	17
1.5.2. Analyse d'image de document : reconnaissance de la structure physique.....	17
1.5.2.1. Les méthodes classiques de segmentation .....	17
a) L'approche ascendante (Segmentation ascendante) : .....	18
b) L'approche descendante (Segmentation descendante) : .....	19
c) L'approche mixte : .....	20
1.5.2.2. Les méthodes de segmentation à base de texture.....	20
1.5.3. Reconnaissance de l'image de document : la reconnaissance de la structure logique.....	20
1.6. Conclusion.....	21
<b>Chapitre 2. Localisation de zones d'intérêt (Etat de l'art).....</b>	<b>22</b>
2.1. Introduction.....	23
2.2. Définitions.....	23
2.2.1. Localisation.....	23
2.2.2. Zone d'intérêt dans une image .....	24
2.3. Localisation de zones d'intérêt dans les images .....	24
2.3.1. Détection de points d'intérêts.....	24

2.3.2.	Représentation de la localisation.....	25
2.3.3.	Évaluation de la localisation .....	25
2.4.	Localisation dans les images de documents.....	26
2.5.	Localisation de tableaux.....	26
2.5.1.	Qu'est-ce qu'un tableau .....	26
2.5.2.	Catégories de tableaux .....	27
2.5.2.1.	Table avec lignes directrices.....	27
2.5.2.2.	Tableau sans lignes directrices.....	28
2.5.3.	Détection de tableaux.....	29
2.6.	Localisation d'autres entités.....	31
2.6.1.	Localisation de bloc d'adresse à partir des enveloppes .....	31
2.6.2.	Localisation de symboles dans les documents graphiques .....	32
2.6.3.	Localisation de champs de saisie sur des images de formulaires.....	33
2.6.4.	Localisation de Pièces d'identité.....	34
2.7.	Conclusion.....	34
<b>Chapitre 3. Conception du système .</b> .....		<b>35</b>
3.1.	Introduction.....	36
3.2.	Objectif du projet.....	36
3.3.	Analyse physique des relevés de notes du baccalauréat .....	36
3.3.1.	Caractéristiques des différents relevés de notes existants.....	36
3.3.2.	Structure des relevés de notes .....	37
3.4.	Approche proposée.....	37
3.4.1.	Prétraitement des relevés.....	39
3.4.1.1.	Détection et élimination de bruit Marginal.....	39
3.4.1.2.	Transformation en niveaux de gris.....	40
3.4.1.3.	Binarisation .....	40
3.4.1.4.	Correction de l'inclinaison .....	41
3.4.1.5.	Lissage.....	42
3.4.2.	Segmentation.....	42
3.4.2.1.	Détection de la bordure .....	43
3.4.2.2.	Étiquetage des composantes connexes.....	45
3.4.2.3.	Suppression de la bordure .....	45
3.4.3.	Localisation des tableaux .....	45
3.4.3.1.	Extraction des tableaux de notes et de la moyenne.....	46
3.4.3.2.	Segmentation des tableaux en colonnes.....	48
3.4.3.3.	Extraction des informations à partir des colonnes .....	49
3.4.4.	Reconnaissance des notes et de la moyenne extraites.....	50
3.5.	Stockage de données et recherche.....	50
3.6.	Conclusion.....	51
<b>Chapitre 4. Implémentation et résultats.</b> .....		<b>52</b>
4.1.	Introduction.....	53
4.2.	Ressources et outils de développement utilisés .....	53
4.2.1.	Système d'exploitation et ressource matériel.....	53
4.2.2.	Environnements et langage de programmation.....	53

4.2.2.1. Le langage java .....	53
4.2.2.2. NetBeans .....	54
4.3. Bibliothèques utilisées .....	55
4.3.1. La bibliothèque « Tess4J».....	55
4.3.2. La bibliothèque « UCanAccess ».....	56
4.4. Présentation de l'application.....	56
4.4.1. Traitement du relevé de bac .....	57
4.4.1.1. Chargement d'une image de relevé de notes.....	57
4.4.1.2. Prétraitement des relevés.....	58
a) Détection et élimination de bruit Marginal.....	58
b) Transformation en niveaux de gris .....	59
c) Binarisation.....	60
d) Correction de l'inclinaison .....	60
e) Lissage .....	60
4.4.1.3. Segmentation.....	61
a) Détection de la bordure .....	61
b) Etiquetage des composantes connexes .....	62
c) Suppression de la bordure.....	62
4.4.1.4. Localisation des tableaux.....	63
a) Extraction du tableau de notes .....	63
b) Segmentation des tableaux en colonnes.....	63
c) Extraction des notes .....	64
4.4.1.5. Reconnaissance des deux tableaux : de notes et de la moyenne.....	64
4.4.2. La recherche .....	66
4 5 Expérimentations et résultats .....	67
4.6. Conclusion.....	69
<b>Conclusion générale et Perspectives .....</b>	<b>70</b>
Conclusion Générale .....	71
Perspectives.....	71
<b>Bibliographie.....</b>	<b>72</b>



# Table de figures

---

## Introduction générale

Figure 1 : Organisation du mémoire. ....	9
--	---

## Chapitre 1

Figure 1.1 : Exemple de structure physique, (a) image de document, (b) sa structure physique .....	13
Figure 1.2 : Exemple de structure logique. ....	14
Figure 1.3 : Les étapes du processus de reconnaissance de document. ....	15
Figure 1.4 : Processus de prétraitement. ....	15
Figure 1.5 : Exemple de Binarisation, (a) image initiale, (b) image binarisée.....	16
Figure 1.6 : Approche descendante et ascendante.....	18

## Chapitre 2

Figure 2.1 : Localisation de bâtiments à partir d'une image satellitaire. ....	24
Figure 2.2 : Différentes représentations d'un résultat de localisation ....	25
Figure 2.3 : Exemple de types de tableaux avec lignes directrices. ....	27
Figure 2.4 : Exemple de tableau sans lignes directrices.....	28
Figure 2.5 : Exemple d'objets postaux.....	32
Figure 2.6 : Exemples de champs de saisie.....	33
Figure 2.7 : Exemple de document présentant des pièces d'identité. ....	34

## Chapitre 3

Figure 3.1 : Exemples de relevés de différents formats. ....	36
Figure 3.2 : Différents niveaux de structures d'un relevé de Bac. ....	37
Figure 3.3 : Schéma du processus général du système proposé.....	38
Figure 3.4 : Détection et élimination de bruit Marginal.....	40
Figure 3.5 : Quelques types de bordures existantes. ....	43
Figure 3.6 : Détection de la bordure, étiquetage des composantes connexes, et suppression de la bordure .....	45
Figure 3.7 : Détection de tableau de notes et tableau de la moyenne. ....	48
Figure 3.8 : Extraction des informations à partir des deux tableaux.....	49
Figure 3.9 : BDD stockant les notes et la moyenne reconnus.....	51

## Chapitre 4

Figure 4.1 : Matériel utilisé. ....	53
Figure 4.2 : Interface de l'environnement de développement NetBeans version EDI.8.2. ....	54
Figure 4.3 : L'interface principale de l'application ....	56
Figure 4.4 : Fenêtre du choix de l'action à faire. ....	56
Figure 4.5 : Interface du traitement de relevés de bac. ....	57
Figure 4.6 : Chargement d'une image. ....	58
Figure 4.7 : Menu Prétraitement. ....	58
Figure.4.8. : Détection et élimination du bruit marginal. ....	59
Figure.4.9 : Transformation de l'image en niveaux de gris. ....	59
Figure 4.10 : Binarisation par la méthode d'Otsu. ....	60
Figure 4.11 : Correction de l'inclinaison du relevé. ....	60
Figure 4.12 : Lissage de l'image. ....	61
Figure 4.13 : Menu Segmentation. ....	61
Figure 4.14 : Détection de la bordure. ....	61
Figure 4.15 : Une image sans bordure. ....	62
Figure 4.16 : Etiquetage des composantes connexes. ....	62
Figure 4.17 : Suppression de la bordure. ....	62
Figure 4.18 : Menu Localisation. ....	63
Figure 4.19 : Extraction du tableau de notes et du tableau de la moyenne. ....	63
Figure 4.20 : Segmentation des tableaux en colonnes. ....	64
Figure 4.21 : Extraction des notes. ....	64
Figure 4.22 : L'interface de la reconnaissance. ....	65
Figure 4.23 : Reconnaissance de notes, moyenne et matricule. ....	66
Figure 4.24 : Interface de recherche. ....	66
Figure 4.25 : Exemple d'un résultat de recherche. ....	67
Figure 4.26 : Exemple d'un problème de localisation de notes. ....	69

# List des tableaux

---

## Chapitre 1

Tableau 1.1 : Tableau récapitulatif des approches ascendantes. .... 19

Tableau 1.2 : Tableau récapitulatif des différentes approches descendantes ..... 20

## Chapitre 2

Tableau 2.1 : Quelques travaux et méthodes de détection de tableaux..... 31

## Chapitre 4

Tableau 4.1 : Résultats de détection et de reconnaissance obtenus pour toutes les images..... 68

# *Introduction générale*

# Introduction générale

---

L'évolution rapide de l'informatique et des technologies de l'information au cours des 30 dernières années a entraîné une révolution dans les façons de création des documents électroniques et de la conservation de l'information, afin de la préserver pendant longtemps [ABB 09]. Cette évolution désigne une grande innovation des temps modernes.

C'est pour cette raison que les entreprises ont fait recours au stockage électronique de documents et données numériques et à ce qu'on appelle l'archivage électronique.

Cependant, l'archivage électronique et la numérisation sont parfois confondus. Bien que la numérisation permette à reproduire le document original avec une qualité suffisante sous forme de document électronique pour une conservation et une communication à long terme, l'archivage électronique est plus général. Au-delà du stockage, de la sauvegarde et de la gestion électronique des documents, l'archivage électronique peut être défini comme *« l'ensemble des actions visant à identifier, recueillir, classer et conserver des informations, en vue de consultation ultérieure, sur un support adapté et sécurisé, pour la durée nécessaire à la satisfaction des obligations légales ou des besoins d'information. »* [TAP 17]. En effet, l'archivage électronique peut être sous forme : des documents bureautiques, des dossiers numérisés, des données échangées par télé procédures, des bases de données... etc.

Pour cela, l'archivage électronique n'est pas une simple numérisation des documents de l'entreprise mais il inclut tout un processus de traitements aboutissant à la sauvegarde, la protection, la compréhension et la facilité de consultation de ces documents

Dans la plupart de temps les documents à archiver comportent plusieurs informations, non seulement le texte ou les caractères écrits, mais également le type et la taille de police utilisée, la couleur de l'écriture, en plus d'autres informations supplémentaires décrivant l'organisation et la structuration des différents éléments des documents. Sans ces informations supplémentaires apportées par la structure contenue dans un document, la lecture ou la localisation correcte de ce dernier serait impossible. De ce fait, la compréhension d'un document nécessite la reconnaissance de sa structure en plus de son contenu textuel puis on peut localiser n'importe quelle information constituant ce document [IMA 17].

## ➤ **Objectif du travail**

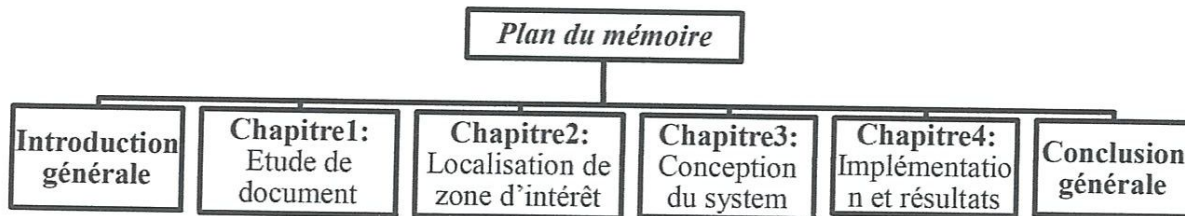
L'objectif du présent travail est d'analyser la structure d'un type particulier de documents (relevée de notes du BAC), afin de localiser deux informations importantes constituant ce document, à savoir le tableau de notes et le tableau de la moyenne de chaque étudiant.

# Introduction générale

Ainsi, le but à long terme de notre travail est la construction d'un système d'archivage électronique des relevés de BAC qui intègre plusieurs fonctionnalités, acquisition, compression, prétraitements, analyse et reconnaissance, recherche, etc. Ce système permettra sans doute de faciliter le travail des agents dans les services de scolarité et d'archive de l'université.

## ➤ Organisation du mémoire

Comme le montre la figure suivante, ce mémoire est organisé en quatre chapitres:



*Figure 1 : Organisation du mémoire.*

Le *premier chapitre* est dédié à l'étude de document. Le chapitre commence par adresser un aperçu sur le document, le document électronique, et la notion de structure (physique et logique). Ensuite, il introduit la reconnaissance de document, et le reste du chapitre est consacré à la présentation des différentes étapes du processus de reconnaissance de document.

Le *deuxième chapitre* présente un état de l'art sur quelques travaux qui ont été réalisés dans le cadre de la localisation des tableaux. La première section expose quelques définitions pertinentes. Ensuite, il aborde la localisation de zones d'intérêt dans les images et puis la localisation dans les images de documents. Après, il entame la localisation de tableaux dans les images de documents en présentant un état de l'art sur les principaux travaux effectués. Pour finir, la dernière section de ce chapitre concerne la localisation d'autres objets tout en exposant quelques exemples de travaux existants.

Le *troisième chapitre* explique la conception de notre application tout en faisant une description détaillée de notre système en s'appuyant sur la localisation du tableau de notes dans les relevés du baccalauréat en Algérie.

Le *quatrième chapitre* décrit les étapes d'implémentation et les outils utilisés pour réaliser notre application ainsi que les résultats obtenus.

En fin, nous clôturons ce document par une conclusion générale.

## *Chapitre 1.*

### *Etude de document*

## 1.1. Introduction

En ce moment il existe plusieurs formes de documents papiers tel que les journaux, les revues, les livres, les encyclopédies, ...etc.

Mais avec le développement de la technologie et du monde, les documents papiers ont été remplacés dans les transactions par les documents électroniques qui permettent d'extraire et de réutiliser facilement l'information. Une tendance même de convertir les documents papiers existants en documents électroniques a été apparue, en numérisant les documents papiers, afin de tenir profit des avantages documents électroniques.

La numérisation est la solution adoptée, mais elle ne fournit que des images de documents, ce qui n'est pas toujours suffisant. En effet, il est souvent nécessaire d'accéder aux contenus des documents numérisés et de les modifier éventuellement. C'est l'objet de l'Analyse et la Reconnaissance des Documents (ARD) [SOU 05].

On s'intéresse dans ce chapitre à l'analyse ou la reconnaissance de la structure physique d'un document. Nous présentons tout d'abord un aperçu sur le document, la notion de structure. Ensuite, nous abordons la reconnaissance de document, ainsi que les différentes étapes du processus de reconnaissance de document avant de conclure.

## 1.2. Aperçu sur le document

### 1.2.1. Qu'est-ce qu'un document ?

Selon, Bachimont [BAC 98] considère que le document est indissociable d'un support matériel. En effet, « un document est un objet matériel exprimant un contenu ». L'objet matériel est le support d'inscription où un contenu est exprimé. Le contenu est l'ensemble d'informations, de savoir à exprimer.

Une définition plus générale donnée par Karim HADJAR [HAD 06] dans sa thèse de doctorat indique qu'un document peut avoir plusieurs types (textuel, sonores, vidéo, graphique...etc.), selon le support choisi. Pour lui, « Un document est le support physique pour conserver et transmettre de l'information ».

### 1.2.2. Document électronique vs Document papier

#### ➤ Document électronique :

Un document électronique est la représentation d'un document, sous la forme d'une structure de données stockée en mémoire ou sur un support informatique, transmissible entre



ordinateurs. Dans un système informatique, cette structure de données est représentée dans un fichier sous forme d'une séquence d'octets. Un document électronique peut avoir plusieurs représentations, d'où la notion de format de fichiers [HAD 06].

## ➤ Document papier :

Selon le dictionnaire disponible sur [WEB 3], un document papier est un « texte écrit servant de preuve ou pièce quelconque destinée à être consultée dans le cadre d'une étude, d'une recherche ».

Le papier n'est pas mort, annonça [WEB 4]. Il devrait même vivre encore très longtemps, même si c'est, dans peut-être trente ans, sous forme de feuilles numériques aussi fines que le papier.

On peut résumer les avantages d'un document papier en quelques points qui sont les suivants :

- La facilité et le confort de lecture du papier sont bien supérieurs aux possibilités des meilleurs écrans informatiques (21 pouces y compris)
- Le papier permet une visualisation tridimensionnelle des informations, qui entraîne une meilleure représentation mentale des informations. Celles-ci sont alors plus faciles à comprendre et à manipuler
- On lit et on annote plus facilement une revue ou un livre dans le métro, qu'un ebook ou un document sur un ordinateur portable [WEB 4].

## 1.3. Notion Structure

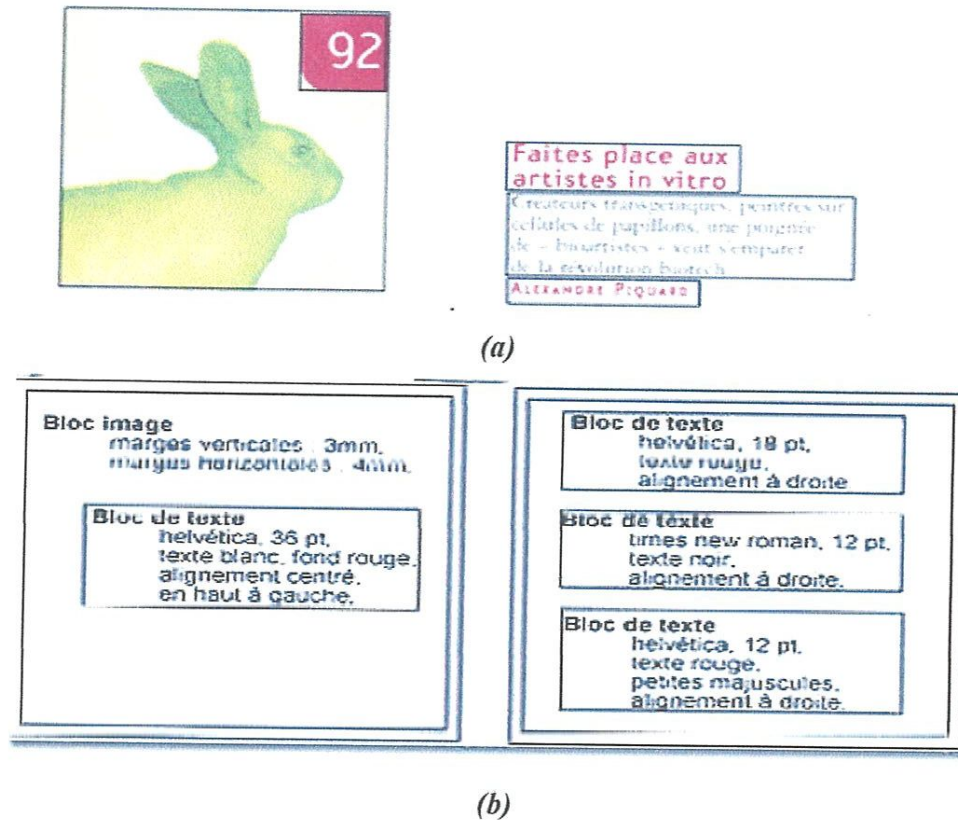
Décrire la structure d'un document consiste à identifier et décrire chacun des éléments textuels - ou non textuels - qui le constituent. Ceci dit, cette description peut prendre plusieurs formes. En effet, on distingue, en général, deux types de structure : la structure physique et la structure logique. » [WEB 1]

### 1.3.1. Structure physique

La structure physique est celle que l'on pourrait qualifier comme étant la plus immédiate par rapport au lecteur potentiel. Elle représente l'aspect tangible du document. C'est à dire qu'il s'agit d'une réunion d'objets physiques [QUI 94].

La *Figure 1.1.a* présente un exemple d'une image de document, dans la *Figure 1.1.b*, on décrira sa mise en page, on définira les différentes zones de texte, leur agencement les unes par rapport aux autres, ainsi que l'ensemble de leurs caractéristiques typographiques : police,

couleur, gras, italique, etc. Dans le cas présent, le document est constitué de deux colonnes, dans la première on trouve une image et un petit bloc de texte blanc sur fond rouge en incrustation. Dans la seconde colonne on peut identifier trois blocs de texte, situés les uns au-dessus des autres et ayant chacun des caractéristiques typographiques propres [WEB 1].



*Figure 1.1 : Exemple de structure physique, (a) image de document, (b) sa structure physique [WEB 1].*

### 1.3.2. Structure logique

La structure logique découpe un document en parties, pour donner des éléments dotés d'un type. Du fait de la très grande diversité des textes qu'il est possible d'envisager, on peut considérer le document en soi comme un élément muni d'un type. Pour chaque catégorie d'écrits, on trouve un ensemble de types pertinents [BEL 94].

On décrira plutôt le rôle et la nature de chaque élément du document ainsi que l'ensemble des liens hiérarchiques et/ou logiques qui les lient les uns aux autres [WEB 1].

La *Figure 1.2* présente un exemple de structure logique correspondante au document de la *Figure 1.1.a*.

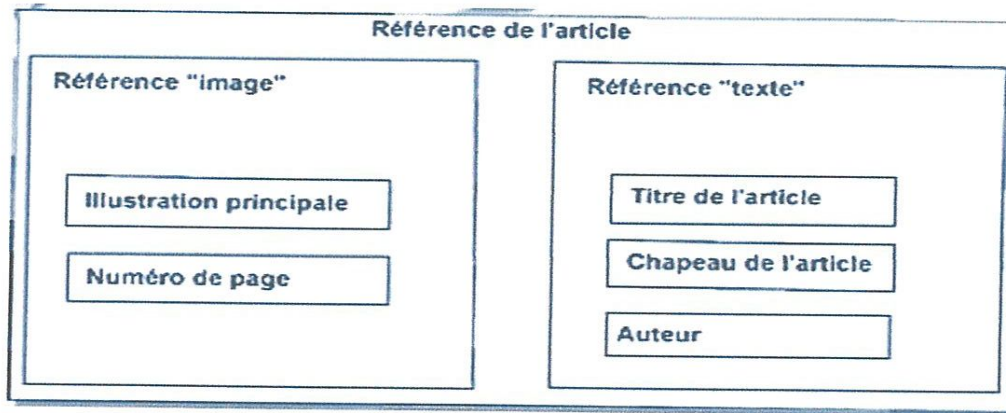


Figure 1.2 : Exemple de structure logique [WEB 1].

### 1.3.3. Lien entre les structures physique et logique

Les structures physique et logique sont deux points de vue différents d'un document, mais en général elles ne sont sans rapport l'une avec l'autre. Dans une certaine mesure, elles sont mutuellement conditionnées.

Par exemple, dans la plupart des manuels, la survenue d'une entité logique "chapitre" s'accompagne invariablement d'un changement de page, c'est à dire la création d'un élément physique "page". Un manquement à cette règle simple conduit l'utilisateur à juger la mise en page du document inadéquate. Cette pratique s'est progressivement mise en place comme en témoigne l'évolution des ouvrages depuis l'invention de l'imprimerie. Plus généralement, l'ensemble des règles les plus courantes pour la composition des documents actuels procèdent d'une maturation des pratiques d'éditions et cristallisent la relation étroite des structures physique et logique [KIS 92].

## 1.4. Reconnaissance de document

La reconnaissance de document consiste à convertir un document papier en document électronique en se basant sur l'analyse et l'interprétation du document.

Les documents existants présentent de grande variabilité à différentes mesures : catégorie, type, structure, langue, etc. Ce qui nécessite des approches et des techniques de reconnaissance diverses [KET10].

## 1.5. Etapes du processus de reconnaissance de document

Un système de reconnaissance se décompose généralement en quatre étapes ayant une importance variable suivant la catégorie du document : la numérisation, le prétraitement, l'analyse et la reconnaissance (Figure 1.3).

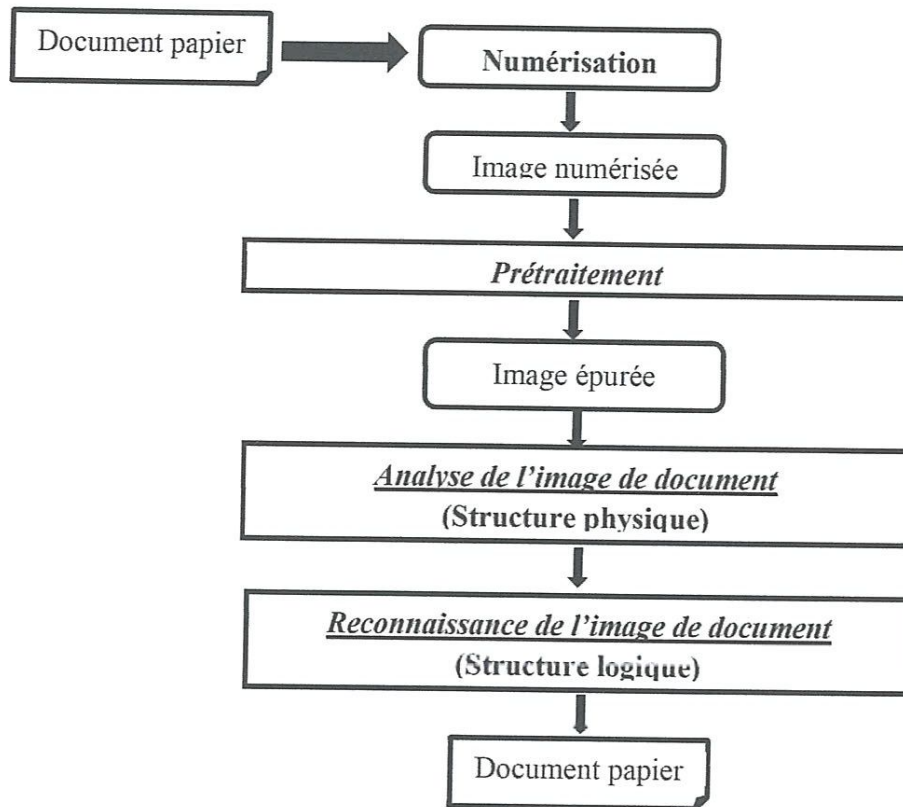


Figure 1.3 : Les étapes du processus de reconnaissance de document [KET10].

Nous détaillons dans ce qui suit, chacune de ces étapes.

### 1.5.1. Le prétraitement

Le prétraitement consiste à éliminer les défauts liés à l'image numérisée afin de faciliter l'étape de reconnaissance. Ces défauts peuvent être de deux types : ceux qui sont liés à la chaîne de numérisation (inclinaison, luminosité, bruit, ...) ou ceux qui sont liés à la qualité intrinsèque du document (les tâches d'humidité, apparition du verso, des trous, ...) [KET 10].

Le prétraitement regroupe l'ensemble des processus visant à améliorer les caractéristiques d'une image [WEB 2]. L'entrée donc des prétraitements est une image bruitée, et la sortie est une image épurée du bruit (figure suivante).



Figure 1.4 : Processus de prétraitement.

En effet, plusieurs traitements peuvent être inclus dans le prétraitement. Nous citons dans cette section quelque uns :

1.5.1.1. Lissage

Le lissage local (ou filtrage) s’agit de supprimer le bruit, ou les petites variations, présent dans une image. L’intensité d’un pixel est transformée en fonction des intensités sur un petit voisinage du pixel [WEB 2].

Pour éliminer les points parasites, [BEL 92] utilisent un filtrage passe bas, d’autres utilisent un filtre passe haut ou un filtrage morphologique ou encore des ondelettes [KRI 06] et [BOU 08].

1.5.1.2. Amélioration d’image

L’amélioration d’images consiste à modifier les caractéristiques visuelles de l’image (contraste, ...) pour faciliter son interprétation par l’œil humain [WEB 2].

1.5.1.3. Restauration d’image

La restauration d’images a pour but de supprimer les dégradations subies par une image à l’aide de connaissance *a priori* sur ces dégradations [WEB 2].

1.5.1.4. Séparation avant/arrière-plan

La séparation Avant/Arrière-plan est accomplie généralement dans le cas d’image de documents par une **Binarisation (seuillage)**. Il s’agit de passer d’une image en niveau de gris ou en couleurs à une image bitonale (noir et blanc) en se basant sur un seuil global ou local (voir la figure suivante).

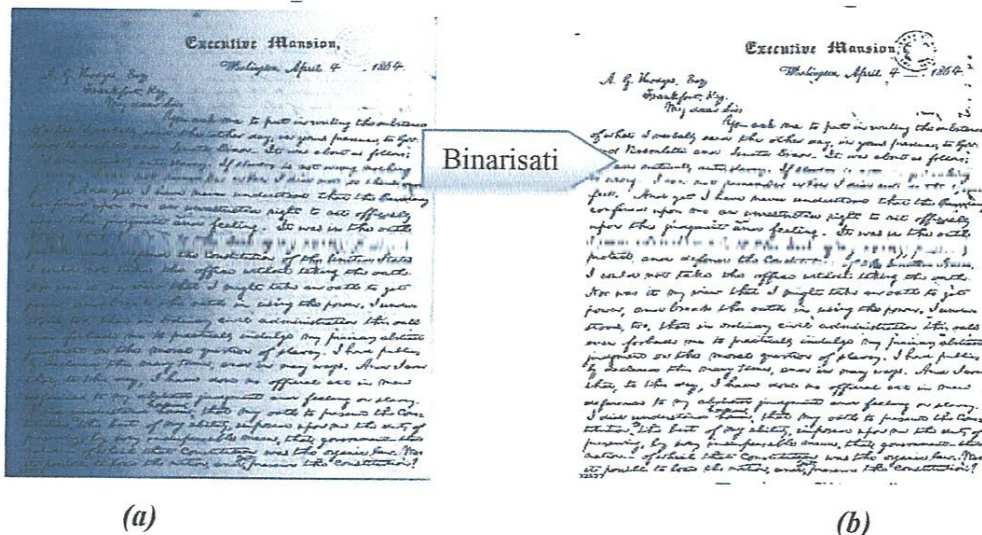


Figure 1.5 : Exemple de Binarisation, (a) image initiale, (b) image binarisée [WEB 5].

## *a) Seuillage global*

Un seuillage global, consiste à chercher un seuil fixe pour toute l'image. Les méthodes de Fisher (1958), d'Otsu (1979), de Kapur (1985), etc. constituent un exemple de méthodes de seuillage global.

Ces méthodes sont rapides et simples mais elles sont applicables sur des images non bruitées et possédant un fond uniforme [KET 10].

## *b) Seuillage local*

Un seuillage local consiste à chercher un seuil pour chaque pixel en fonction des pixels voisins. Les méthodes de Bernsen, de Niblack, de Sauvola, etc. constituent un exemple de méthodes de seuillage local.

Ces méthodes sont plus précises et elles peuvent être applicables pour des fonds variables, trop foncé ou à faible contraste.

La séparation Avant/Arrière-plan pour les documents couleurs ou en niveaux de gris (trop dégradées) s'avère non fonctionnelle avec ces deux approches de seuillage. Une étude comparative a été menée par [LEE 02] pour montrer leurs limites [KET10].

## **1.5.2. Analyse d'image de document : reconnaissance de la structure physique**

L'analyse de document est un thème de recherche du domaine du traitement d'images qu'avait pour objectif principal de convertir des images de documents en vue de la modification, l'archivage, la recherche, la réutilisation et la transmission de l'information que ces images contiennent [TRU 05].

La *Figure 1.3* illustre la position de l'analyse de documents dans le processus de reconnaissance de documents.

C'est l'analyse de la mise en page pour trouver la structure physique. Il s'agit de segmenter l'image de document en composantes homogènes et de classifier chaque zone en texte, image, graphique, etc. Les méthodes de segmentation peuvent être regroupées en deux familles : méthodes classiques et méthodes à base de texture [KET10].

### **1.5.2.1. Les méthodes classiques de segmentation**

Les méthodes classiques de segmentation traitent généralement les documents imprimés à prédominance textuelle et présentant une structure simple. Ces méthodes peuvent

être descendantes, ascendantes ou mixtes [KET 10]. La figure 1.6 résume le principe des approches de segmentation ascendante et descendante :

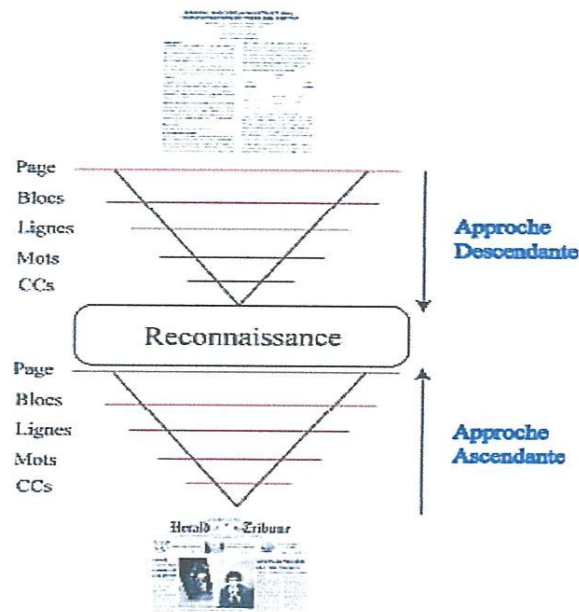


Figure 1.6 : Approche descendante et ascendante [HAD 06].

### a) L'approche ascendante (Segmentation ascendante) :

La catégorie des algorithmes de segmentation ascendante est caractérisée par le fait que l'analyse part de composants de bas niveau (comme les pixels) pour essayer de les fusionner en utilisant des heuristiques. Il existe de nombreuses variantes, certaines se focalisant sur la caractérisation des composants de bas niveaux, tandis que d'autres cherchent à bien modéliser les règles de fusion des régions.

La grande majorité des techniques utilisent la notion de composantes connexes. Ce sont des composants de bas niveau ayant les mêmes propriétés (comme un même niveau de gris) et qui sont liés spatialement [LEL 07].

Dans cette approche, il peut découler plusieurs algorithmes dont on va citer les plus célèbres dans le tableau suivant .

Nom	Principe	Inconvénients
Algorithme RLSA, Wong [WON 82].	Noirci les espaces blancs entre deux pixels noirs verticalement et horizontalement puis fait un «ET logique » entre les deux images	Nécessite une orientation horizontale du texte.

	noircies.	
Utilisation d'heuristiques, Messelodi [MES 99].	Utilisation d'heuristiques pour classer les composants connexes	La binarisation utilisée n'est pas très efficace
Accroissement de régions, Lienhart [LIE 00].	Accroissement de régions où les frontières se déplacent en fonction du gradient	Plus adapté à la segmentation de vidéos.
Champs de Markov, Nicolas [NIC 06].	Utilisation des champs de Markov pour caractériser le texte	L'apprentissage ne rend la méthode valable que pour un type de document à la fois.
Réseaux de neurones, Caponetti [GAP 08].	Utilise deux réseaux de neurones flous pour segmenter une image.	La phase d'apprentissage est très lourde à mettre en place en raison du type de réseau

*Tableau 1.1 : Tableau récapitulatif des approches ascendantes [LEL 07].*

**b) L'approche descendante (Segmentation descendante) :**

La famille de techniques de segmentation descendante essaie d'avoir une approche globale (Elle prend le document dans sa globalité afin de le découper en blocs de plus en plus fins) pour affiner les régions. Apparue légèrement après les méthodes ascendantes, elles ne connurent pas un grand développement malgré les très bonnes performances obtenues.

[LEL 07].

Dans cette approche, il peut découler plusieurs algorithmes dont on va citer les plus célèbres dans ce tableau :

Nom	Principe	Inconvénients
« Split and merge », Horowitz [HOR 72].	Commence par découper l'image en quatre, récursivement puis fusionne les zones de caractéristiques proches	Nécessite une organisation horizontale de l'image
XY-Cut, Nagy [NAG 84].	Découpe l'image horizontalement puis verticalement, récursivement. Le découpage se fait dans le creux des projections.	Il existe des documents impossibles à segmenter.
Regroupement par couleur, Kim [KIM 96].	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilise les pics de l'histogramme pour sélectionner les pixels de couleurs proches. Regroupe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'utilisation de l'histogramme est trop générale pour</li> </ul>



	<p>ensuite les composants proches et utilise des heuristiques pour classer les composantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduit le nombre de couleurs en fonction des couleurs les plus proches. Regroupe ensuite les composantes de couleurs proches et utilise des heuristiques pour classer les composantes.</li> </ul>	<p>donner de bons résultats.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de prise en compte spatiale des couleurs.</li> </ul>
--	--	--

*Tableau 1.2 : Tableau récapitulatif des différentes approches descendantes [LEL 07].*

*c) L'approche mixte :*

L'approche mixte ou encore hybride consiste à combiner le principe des deux approches.

**1.5.2.2. Les méthodes de segmentation à base de texture**

Ces méthodes sont inspirées du domaine de traitement d'image. Elles utilisent le minimum de connaissances à priori puisque les méthodes classiques ont montré leurs échecs.

L'approche par segmentation sur la texture regroupe beaucoup de techniques différentes. Le but de ces approches est de trouver les caractéristiques de texture qui sont propres au texte. De nombreux filtres sont alors utilisés pour transformer l'image en une représentation mettant en avant ces caractéristiques. Les filtres les plus utilisés seront présentés, ainsi que quelques exemples d'application [ZKJ95].

**1.5.3. Reconnaissance de l'image de document : la reconnaissance de la structure logique**

La structure logique d'un document permet d'attribuer des descriptions logiques aux régions. [NAM 07] l'a défini comme suit :

*« La structure logique d'une image de document établit une correspondance entre les régions physiques et leur fonction. »*

L'extraction de la structure logique d'un document consiste à attribuer des étiquettes logiques aux régions physiques identifiées précédemment.

Les étiquettes logiques attribuées aux différentes régions physiques pré-détectées se diffèrent selon le type du document considéré et l'objectif visé de l'application. Elles peuvent

être un titre, un résumé, un sous-titre, un paragraphe, un en-tête, un pied de page, une légende, le numéro de page, etc.

La plupart des documents contiennent également des informations sur l'ordre de lecture, qui est un séquençage du contenu textuel qui rend la compréhension du document possible. Par exemple, lors de la lecture d'un livre, il est nécessaire d'effectuer un retour à la ligne en bordure de page pour ne pas continuer la lecture sur la ligne de la page voisine.

Ces informations font aussi partie de l'étiquetage logique et il peut être nécessaire de les extraire.

D'autre part, il est parfois nécessaire de reconsidérer la structure physique à partir des résultats obtenus pour la structure logique. Cela consiste ici à fusionner les régions voisines de la structure physique appartenant à une même entité logique. Même si les deux processus d'extraction des deux structures physique et logique sont en chaînées séquentiellement, dans la pratique, ils peuvent être combinés dans le but d'effectuer une segmentation et une compréhension unique du document [MON11].

## 1.6. Conclusion

L'analyse et la reconnaissance de documents est un domaine actif de recherche né des besoins de numérisation, de préservation, et de réutilisation des documents papiers. Il a pour but de faciliter l'utilisation des informations et de les archiver sans les menacer.

Dans ce chapitre on a présenté une vue d'ensemble sur l'état actuel du domaine de reconnaissance de document. Nous avons défini dans ce chapitre aperçu sur le document et structure, et cité les différentes structures d'un document tout en focalisant sur la structure physique.

## *Chapitre 2.*

*Localisation de zones d'intérêt  
(Etat de l'art)*

### 2.1. Introduction

Des millions de documents papier sont produits chaque jour, ajoutant une richesse inépuisable d'informations à la société humaine. L'utilisation pratique de ces documents exige l'indexation, la visualisation, l'impression et l'extraction des portions prévues d'une manière rapide et flexible à travers les médias électroniques.

Cela a conduit à l'émergence de domaines de recherche traitant de la reconnaissance des éléments constitutifs des documents et des analyses automatiques des structures physiques et logiques globales des documents par ordinateur.

Certaines des structures les plus pertinentes qui peuvent être trouvées dans plusieurs classes de documents sont les tableaux. Nous présentons dans ce chapitre un petit état de l'art sur la localisation d'entités dans les images de documents tout en focalisant sur la localisation de tableaux, l'objet de notre étude dans ce mémoire.

La suite de ce chapitre est organisée comme suit. Tout d'abord nous commençons par quelques définitions pertinentes. Ensuite, nous abordons la localisation de zones d'intérêt dans les images, suivie par la localisation dans les images de documents. Dans la section 5, nous étudions la localisation des tableaux tout en présentant un survol sur quelques travaux existants. La section 6 porte sur la localisation d'autres objets, et le chapitre se termine par une conclusion.

### 2.2. Définitions

Nous commençons par la définition des termes localisation et zones d'intérêt.

#### 2.2.1. Localisation

Voici quelques définitions de dictionnaires du terme Localisation :

- Le dictionnaire de définitions en ligne *les Définitions* définit la « Localisation » comme « l'endroit (ou l'emplacement) où est localisé quelque chose ou bien l'action et l'effet de localiser (situer ou installer à un endroit ou espace donné) » [WEB 6].
- La définition de « Localisation » dans dictionnaire *Larousse* est la suivante : « **Localisation**, nom féminin : localisation. Action de localiser, de situer ; fait d'être localisé ou d'être situé dans l'espace ou le temps : La localisation d'un bruit. La localisation d'un engin spatial par rapport à la Terre. Action de limiter l'extension de quelque chose ; fait d'être limité : Localisation d'un conflit. »

### 2.2.2. Zone d'intérêt dans une image

Selon l'encyclopédie internationale Wikipedia, nous utilisons la locution zone d'intérêt pour traduire dans ce contexte précis le terme *feature* omniprésent dans la littérature anglo-saxonne, mais qui n'a pas de réelle définition standard. La définition dépend plutôt de la famille de problèmes que l'on cherche à traiter. Une zone d'intérêt est une zone « intéressante » d'une image, et peut être utilisée comme point de départ de nombreux algorithmes de traitement d'images [WEB 7].

## 2.3. Localisation de zones d'intérêt dans les images

En vision par ordinateur et en traitement d'images, la détection de zones d'intérêt d'une image numérique (*feature detection* en anglais) consiste à mettre en évidence des zones de cette image jugées « intéressantes » pour l'analyse, c'est-à-dire présentant des propriétés locales remarquables. De telles zones peuvent apparaître, selon la méthode utilisée, sous la forme de points, de courbes continues, ou encore de régions connexes rectangulaires ou non et qui constituent le résultat de la détection [WEB 7]. La figure suivante présente un exemple de localisation de bâtiments à partir d'une image satellitaire. Les zones d'intérêt (bâtiments) sont encadrées dans l'image.



**Figure 2.1 :** Localisation de bâtiments à partir d'une image satellitaire [YOU 14].

Notons que les zones d'intérêt sont généralement détectées par une méthode de localisation d'objets à l'aide des petites zones de l'image nommées *points d'intérêt*. Ces derniers représentent des variations locales de luminosité [HAM 16].

### 2.3.1. Détection de points d'intérêts

La détection de points d'intérêts (ou *coins*) est, au même titre que la détection de contours, une étape préliminaire à de nombreux processus de vision par ordinateur. Les points d'intérêts, dans une image, correspondent à des doubles discontinuités de la fonction

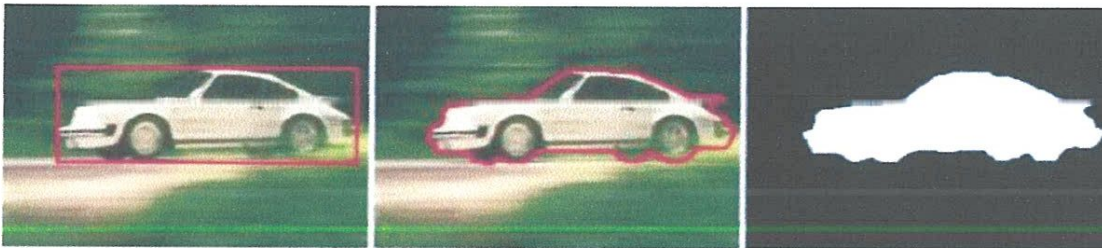
d'intensités. Celles-ci peuvent être provoquées, comme pour les contours, par des discontinuités de la fonction de réflectance ou des discontinuités de profondeur.

### 2.3.2. Représentation de la localisation

Trois modes de représentation d'un résultat de localisation sont utilisés.

- a) **L'utilisation de boîtes englobantes** : est la plus simple. C'est-à-dire des rectangles présents dans l'image dont l'intérieure comprend l'objet recherché. Elles sont alors représentées pas un ensemble de coordonnées dans l'image.
- b) **L'utilisation de Frontière** : consiste à utiliser des images représentant les pixels frontières, ou contour, des objets à localiser. Les pixels de ces images prennent leurs valeurs dans  $\{0,1\}$ . Les 0 représentent l'objet et le fond de l'image qui sont délimités par les pixels frontières de valeur 1.
- c) **L'utilisation de Région** : il est possible d'utiliser des images représentant une région d'intérêt, ou un masque. Les pixels de ces images prennent également leurs valeurs dans  $\{0,1\}$ , les pixels 0 représentent le fond tandis que les pixels 1 représentent l'objet [HEM 11].

Les trois types de représentation d'un résultat de localisation sont présentés à la *Figure 2.2*.



(a) Boîte englobante (en rouge)    (b) Frontière (en rouge)    (c) Région

*Figure 2.2 : Différentes représentations d'un résultat de localisation [HEM 11].*

### 2.3.3. Évaluation de la localisation

L'évaluation supervisée d'un résultat de localisation consiste à comparer deux images : la vérité terrain<sup>1</sup> et le résultat de localisation. Plusieurs métriques ont été proposées pour cela ([BAS 89] ; [WIL 97] ; [MAR 01] ; [HAF 07]), avec des objectifs initiaux comme l'évaluation de la segmentation, et se révèlent utilisables dans le cadre de l'évaluation de résultats de localisation. Cependant, l'existence d'un grand nombre de métriques indique clairement le manque d'une métrique connue faisant le consensus [HEM 11].

<sup>1</sup> L'image de vérité terrain est une image décrivant le résultat optimal attendu de la localisation

### 2.4. Localisation dans les images de documents

La localisation consiste à isoler toutes les composantes et seulement les composantes d'une entité que l'on cherche à identifier dans le cas d'un mot, d'une séquence de mots, d'une phrase, d'une figure, d'un tableau ; ou la valeur dans le cas d'une séquence de chiffres ou d'un champ numérique particulier (numéro de téléphone, date, etc.). La localisation se traduit donc par une étape de segmentation du document en entités distinctes [CHA 06].

Cependant, comme dans [CHA 06], la localisation des informations dans les documents est un problème difficile dans la mesure où il est directement confronté au paradoxe de Sayre qui stipule que dans un problème de reconnaissance de formes, « pour reconnaître une entité, il faut savoir la localiser, mais pour la localiser, il faut tout d'abord la reconnaître » [SAY 73].

En effet, la localisation des entités peut être vue comme un réel problème d'extraction d'information [CHA 06]. Elle est liée à l'indexation et à la recherche, et elle a été un sujet d'intérêt très émergent. Les techniques de localisation s'appuient sur différentes méthodes de reconnaissance de formes géométriques, comme les caractéristiques, les composantes connexes, ou la représentation structurelle de symboles [BOU 13].

Nous exposons dans le reste du chapitre un aperçu des principaux travaux de localisation de différents objets dans les images de documents, tout en focalisant sur la localisation de tableaux

### 2.5. Localisation de tableaux

Les tableaux sont un moyen très courant d'organiser l'information dans des documents structurés. Leur reconnaissance est fondamentale pour la reconnaissance des documents. En effet, l'organisation physique d'un tableau donne beaucoup d'informations sur la signification logique du contenu [COU 14].

Cependant, comprendre ces tableaux est un problème difficile dans l'analyse de la mise en page de documents. Bien qu'il existe différents formats de document, par exemple, images de documents, documents texte ASCII, documents web, etc., nous nous concentrons ici sur la localisation de la structure des tableaux dans les images de documents [WAN 04].

#### 2.5.1. Qu'est-ce qu'un tableau

Les tableaux sont les principaux moyens de représenter et de communiquer des données structurées. Ils peuvent contenir des mots, des nombres, des formules et même des

graphiques [EMB 06]. Ils peuvent contenir des informations imprimées ou manuscrites (principalement dans des documents d'archives). Les tableaux sont un assemblage de cellules 2D où le type de données est déterminé par l'index horizontal ou vertical [LOP 99].

Costa e Silva et al. [ESI 06] proposent la définition d'une table comme une « représentation graphique en forme de grille d'une matrice  $M_{i,j}$  où : (1) chaque élément  $i, j$  de la matrice est atomique ; (2) il y a des indices visuels linéaires, c'est-à-dire que les éléments de chaque rangée  $i$  (colonne  $j$ ) de la matrice tendent à être alignés horizontalement (verticalement) ; ».

## 2.5.2. Catégories de tableaux

Selon [TRA 16], les tableaux dans une image de document sont généralement séparés en deux catégories principales selon leur structure : tables avec lignes directrices et tables sans lignes directrices. Nous les détaillons dans ce qui suit :

### 2.5.2.1. Table avec lignes directrices (en anglais *Ruling-line table (RL-T)*)

Ce genre de table est assez commun. Sa région est souvent encadrée par une boîte englobante ou elle est distinguée des autres parties par une ou plusieurs lignes directrices (ligne verticale, ligne horizontale, etc.) ; de plus, les sous-régions de ce tableau sont souvent séparées par un nombre de lignes.

[TRA 16] considère que ce type de tableau est subdivisé en quatre classes :

포대임	스피드스터 디젤버킷 6061 알루미늄
포크	스피드스터 카본/알루미늄, 1-1/8"
크랭크	시마노 R563, 50-34T
시프터	시마노 105
앞 디레일러	시마노 티아그라
뒤 디레일러	시마노 105
카세트	시마노 티아그라, 12-30T, 10Speed
체인	KMC X10
브레이크	시마노 RS61, 듀얼 피봇
핸들바	싱크로스 RR2.0, 31.8mm
시트포스트	싱크로스 RR1.4, 카본/알루미늄, 31.6cm
안장	싱크로스 RR3.0
휠	싱크로스 레이스 27 에어로 프로파일
타이어	슈발베 루가노, 700×25C
무게	9,4kg
가격	140만원

a) tableau fermé

SCHOOL / LOCATION	2016-17				2017-18			
	ENROLLMENT	STAFF	EXPENSE	REVENUE	ENROLLMENT	STAFF	EXPENSE	REVENUE
1 STANFORD UNIVERSITY	1000	450	100	100	1000	450	100	100
2 HARVARD UNIVERSITY	950	420	95	95	950	420	95	95
3 MIT	900	400	90	90	900	400	90	90
4 PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	850	380	85	85	850	380	85	85
5 NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY	800	360	80	80	800	360	80	80
6 BOSTON COLLEGE	750	340	75	75	750	340	75	75
7 YALE UNIVERSITY	700	320	70	70	700	320	70	70
8 RICE UNIVERSITY	650	300	65	65	650	300	65	65
9 CORNELL UNIVERSITY	600	280	60	60	600	280	60	60
10 HOUSTON METHODIST UNIVERSITY	550	260	55	55	550	260	55	55
11 INDIANA UNIVERSITY	500	240	50	50	500	240	50	50
12 PITT STATE UNIVERSITY	450	220	45	45	450	220	45	45
13 IOWA STATE UNIVERSITY	400	200	40	40	400	200	40	40
14 KANSAS STATE UNIVERSITY	350	180	35	35	350	180	35	35
15 NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY	300	160	30	30	300	160	30	30
16 KANSAS STATE UNIVERSITY	250	140	25	25	250	140	25	25
17 TEXAS A&M UNIVERSITY	200	120	20	20	200	120	20	20
18 PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	150	100	15	15	150	100	15	15
19 IOWA STATE UNIVERSITY	100	80	10	10	100	80	10	10
20 KANSAS STATE UNIVERSITY	50	40	5	5	50	40	5	5
21 TEXAS A&M UNIVERSITY	25	20	2.5	2.5	25	20	2.5	2.5
22 IOWA STATE UNIVERSITY	12.5	10	1.25	1.25	12.5	10	1.25	1.25
23 KANSAS STATE UNIVERSITY	6.25	5	0.625	0.625	6.25	5	0.625	0.625
24 TEXAS A&M UNIVERSITY	3.125	2.5	0.3125	0.3125	3.125	2.5	0.3125	0.3125
25 PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	1.5625	1.25	0.15625	0.15625	1.5625	1.25	0.15625	0.15625

b) tableau non fermé

Program	Budget
Performance.gov	\$1.1M
Federal Risk Authorization and Management Program (FedRAMM)	\$0.3M
Federal Cloud Computing/Data Center Consolidation	\$0.44M
IT Dashboard	\$1.06M
Data.gov	\$0.8M
Challenges Platform	\$0
Citizen Engagement Platform (Apps.gov)	\$0
USAStandalone.gov	\$1.2M
Smart Services Dashboard	\$0.1M
FFAI A Subwards-Reporting System Assistance	\$2.88M
Total	\$6M

c) tableau en couleurs

Concentration (yr)	No.	2010-11		2011-12		2012-13		2013-14		2014-15	
		Weight	Relative	Weight	Relative	Weight	Relative	Weight	Relative	Weight	Relative
State	9	32	52	31	53	32	52	32	52	32	52
	10	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
	1000	31	51	31	51	31	51	31	51	31	51
	1000	31	51	31	51	31	51	31	51	31	51
	1000	31	51	31	51	31	51	31	51	31	51
Federal	9	33	54	33	54	33	54	33	54	33	54
	10	33	54	33	54	33	54	33	54	33	54
	1000	33	54	33	54	33	54	33	54	33	54
	1000	33	54	33	54	33	54	33	54	33	54
	1000	33	54	33	54	33	54	33	54	33	54

d) tableau parallèle

Figure 2.3 : Exemple de types de tableaux avec lignes directrices [TRA 16].



### a) Tableau fermé

Un tableau est considéré fermé si sa limite est un rectangle exact ; c'est-à-dire que les éléments de cette table et les autres régions externes sont séparés par une limite rectangulaire, comme il est indiqué dans la *Figure 2.3.a*.

### b) Tableau non fermé

Les régions à l'intérieur et à l'extérieur d'un tableau non fermé sont également séparées par un certain nombre de lignes directrices verticales et horizontales, mais leur limite n'est pas un vrai rectangle (*Figure 2.3.b*).

### c) Tableau en couleurs

C'est un tableau comprenant une structure qui est une combinaison de blocs de couleur rectangulaires. Comme il est montré sur la *Figure 2.3.c* chaque bloc du tableau peut contenir plusieurs éléments de texte en couleur. Ce type de tableau n'est pas souvent pris en compte dans la plupart des algorithmes de détection de tableaux.

### d) Tableau parallèle

Ce type de tableau est constitué de plusieurs segments de lignes horizontales parallèles (*Figure 2.3. d*).

#### 2.5.2.2. Tableau sans lignes directrices (en anglais *Non-ruling-line table (NRL-T)*)

Ce type de tableau est généré sans aucune zone de délimitation ni lignes directrices, ces dernières n'étant pas obligatoires. Un tableau sans lignes directrices peut être situé dans des images de document multi-colonnes et parfois apparaît à côté d'un diagramme à barres. Rarement utilisé dans les revues scientifiques, ce type de tableau apparaît souvent dans les rapports, les lettres et les courriels (*Figure 2.4*).

World Production Capacity:	Fused aluminum oxide		Silicon carbide	
	2009	2010	2009	2010
United States and Canada	60,400	60,400	42,600	42,600
Argentina	—	—	5,000	5,000
Australia	50,000	50,000	—	—
Austria	60,000	60,000	—	—
Brazil	50,000	50,000	43,000	43,000
China	700,000	700,000	455,000	455,000
France	40,000	40,000	10,000	10,000
Germany	80,000	80,000	30,000	30,000
India	40,000	40,000	5,000	5,000
Japan	25,000	25,000	60,000	60,000
Mexico	—	—	45,000	45,000
Norway	—	—	60,000	60,000
Venezuela	—	—	30,000	30,000
Other countries	80,000	80,000	190,000	190,000
World total (rounded)	1,190,000	1,190,000	1,010,000	1,010,000

*Figure 2.4 : Exemple de tableau sans lignes directrices [TRA 16].*

### 2.5.3. Détection de tableaux

Un nombre important de travaux de recherche ont été effectués dans la littérature pour la détection et l'extraction des structures des tableaux à partir des images de documents numérisés. Nous résumons dans le tableau ci-dessous quelques travaux et méthodes des plus importants, classés par ordre chronologique.

Référence	Méthode
[WAT 95]	Les auteurs ont proposé une méthode pour reconnaître les structures de mise en page de différents types de tableaux. Pour ce faire, ils ont introduit un arbre de classification pour gérer les relations entre différentes classes de structures de mise en page. Le système de reconnaissance ainsi développé a deux modes : l'acquisition des connaissances de mise en page et la reconnaissance de la structure de mise en page. Dans le mode d'acquisition des connaissances de mise en page, les images de document sous forme de tableau sont distinguées en fonction de cet arbre de classification, puis les arbres de description de structure qui spécifient les structures logiques des documents tableaux sont générées automatiquement. Tandis que, dans le mode de reconnaissance de la structure de mise en page, des champs d'élément individuels dans les tableaux sont extraits et classés en recherchant l'arbre de classification et en interprétant l'arbre de description de structure.
[DAS 98]	Une technique est décrite pour séparer les tableaux et les en-têtes présents dans les images de documents
[TER 98]	Dans cet article, un système baptisé ScanTab, représentant une approche basée-connaissance pour la reconnaissance de tableaux dans les documents numérisés a été développé. Contrairement à la plupart des systèmes qui reconnaissent les tables en regroupant les informations de mise en page, ce système utilise des informations prédéfinies sur les types de tableaux qui peuvent apparaître. Les auteurs affirment que cela permet une détection très précise capable de faire face à des tableaux déformés et des tableaux fournissant peu d'informations de mise en page (par exemple, pas de lignes, un mauvais alignement, ...). La reconnaissance d'un tableau commence par la détection de l'en-tête du tableau. Ensuite, cet en-tête est comparé aux en-têtes des tableaux de référence connus. Après avoir déterminé la table de référence correcte, les informations conservées dans la base de connaissances sont

	utilisées pour calculer la structure du tableau complet. Une interface utilisateur graphique permet une spécification facile et rapide des tableaux de référence.
[TSU 01]	Cet article décrit un système de segmentation en régions et de conversion en un fichier HTML, d'une image de tableau imprimé. Ce système considère que certaines cellules du tableau sont délimitées par des lignes directrices, et pour d'autres cellules les lignes directrices sont omises. Le système conçu procède comme suit. Premièrement, le système segmente le tableau au moyen des lignes directrices en certaines régions. Deuxièmement, ces régions segmentées sont de plus segmentées en cellules par les lignes omises qui sont des indicateurs (tels que des chiffres et des caractères). Les cellules comprennent plusieurs lignes de caractères, et le système peut convertir un tableau de structure complexe inconnu en un fichier HTML.
[CES 02]	Approche de localisation de tableaux dans les images de documents basée sur la représentation par un arbre MXY (Modified X-Y tree). Les documents sont d'abord décrits au moyen d'une représentation hiérarchique basée sur l'arbre MXY. La présence d'une table est supposée en recherchant des lignes parallèles dans l'arbre MXY du document. Cette hypothèse est ensuite vérifiée en localisant des lignes parallèles ou des espaces blancs dans la région comprise entre les lignes parallèles. Enfin, les tableaux localisés peuvent être fusionnés sur la base de critères de proximité et de similarité.
[RAM 03]	Les auteurs proposent un schéma de représentation flexible pour les tableaux complexes, basé sur une distinction claire entre la disposition physique d'une table et sa structure logique. En s'appuyant sur ce schéma, ils ont développé une nouvelle méthode pour la détection et l'extraction de tableaux par une analyse des lignes graphiques. Pour traiter des tableaux sans lignes graphiques, il faut se concentrer uniquement sur les régularités des éléments de texte, et une analyse multi-niveau de la disposition des composants textuels sur la page est alors effectuée. Une représentation graphique générale des positions relatives des blocs de texte est exploitée.
[GAT 05]	La méthode repose sur un principe de détection de lignes horizontales et verticales du tableau ainsi que de détection des points d'intersection. Ainsi, la méthode proposée comprend trois phases distinctes : (i) <i>prétraitement de l'image</i> : qui s'agit principalement de la binarisation et de l'amélioration de

	<p>l'image, la correction de l'inclinaison, et l'élimination du bruit marginal. (ii) <i>détection de lignes horizontales et verticales</i> : en utilisant une nouvelle méthode de détection. Cette dernière est principalement basée sur le traitement des pistes noires horizontales et verticales ainsi que sur l'estimation des zones image / texte afin d'exclure les segments de ligne appartenant à ces zones. (iii) <i>détection du tableau</i> : qui à son tour implique deux étapes distinctes : détection des intersections de lignes, et détection - reconstruction du tableau.</p>
<p>[LIU 07]</p>	<p>Cet article décrit un moteur de recherche de tableaux baptisé TableSeer. Ce système analyse les documents PDF scientifiques, identifie les documents contenant des tableaux, détecte les régions des tableaux, extrait leurs métadonnées, les indexe et les classe, et permet aux utilisateurs finaux de rechercher des tableaux à travers une interface de recherche conviviale. Les auteurs ont proposé un ensemble complet de métadonnées indépendantes du milieu qui peuvent être adoptées pour représenter les informations des tableaux. En outre, ils ont conçu une nouvelle méthode de découpage de boîte de page pour améliorer la performance de la détection de tableaux. La partie de détection de tableau est implémentée en étiquetant et en fusionnant des lignes clairsemées. Étant donné une requête, TableSeer classe les tableaux appariés en utilisant un algorithme de classement innovant : TableRank. Ce dernier évalue chaque paire &lt;requête, tableau&gt; avec un modèle d'espace vectoriel personnalisé et un schéma de pondération de terme spécifique. Dans l'ensemble, TableSeer élimine la charge de l'extraction manuelle des données des tableaux des bibliothèques numériques et permet aux utilisateurs d'examiner automatiquement les tableaux. De l'autre côté, en tant que système de recherche, TableSeer exige beaucoup de précision. Il fait l'hypothèse que tous les tableaux ont des légendes, ce qui éliminera inévitablement les tableaux sans légende et conduira à un faible taux de rappel.</p>

*Tableau 2.1 : Quelques travaux et méthodes de détection de tableaux.*

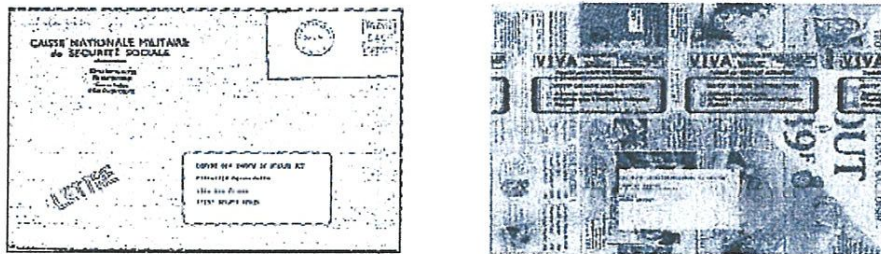
## 2.6. Localisation d'autres entités

### 2.6.1. Localisation de bloc d'adresse à partir des enveloppes

Pour trier les grands objets plats (journaux, magazines, publicités, etc.), il est indispensable de localiser le bloc adresse de destination avant de pouvoir appliquer la reconnaissance de caractères.

En effet, Plusieurs travaux ont été effectués dans la littérature pour la localisation de bloc d'adresse. Nous citons ici trois travaux d'entre eux.

Oriot et al. [ORI 95] ont procédé une localisation par une méthode de segmentation ascendante. Cependant, ils ont développé une méthode de localisation de l'adresse en distinguant deux situations selon que les objets sont visuellement peu complexes ou complexes (*Figure 2.5*). Pour les objets peu complexes, le traitement fait appel à une analyse ascendante des composantes connexes guidée par un ensemble de règles (établies à partir d'une large étude statistique). Pour les objets complexes, le traitement fait intervenir une pré-segmentation originale fournissant une image binaire de plus haut niveau (rehaussement et filtrage).



a) Exemples d'objets peu complexes.      b) Exemples d'objets complexe.

*Figure 2.5 : Exemple d'objets postaux [ORI 95].*

Eiterer et al. Ont proposé dans [EIT 04] une nouvelle approche basée sur la dimension fractale pour localiser automatiquement les blocs d'adresses dans les enveloppes postales. Tout d'abord, la dimension fractale de chaque pixel d'une image d'enveloppe postale est calculée en utilisant la procédure de variation 2D. La technique de regroupement K-means est ensuite utilisée pour étiqueter les pixels comme arrière-plan, bruit et objets sémantiques qui constituent les classes de base définissant les timbres, les cachets de la poste, et les blocs d'adresse.

L'approche proposée par Jeong et al [JEO 04] est basée sur le groupement des composantes connexes issues de l'image binaire, où chacune d'elle est affectée à une des 9 classes. De ce fait, le bloc de l'adresse de destination est déterminé en ne sélectionnant que quelques classes.

### 2.6.2. Localisation de symboles dans les documents graphiques

La localisation de symboles dans les documents graphiques est une étape préalable à leur reconnaissance. Ainsi, la localisation et la reconnaissance des symboles ont suscité beaucoup de travaux depuis de nombreuses années.

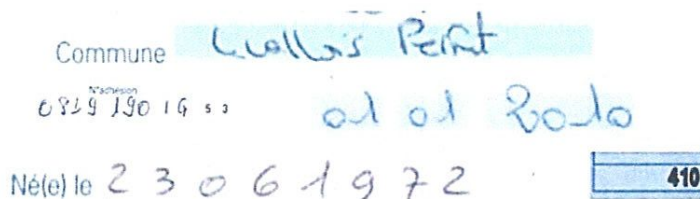
Nguyen et al. ont adressé dans [NGU 09] le problème de la localisation de symboles dans les documents graphiques où les symboles ne sont pas isolés de leur contexte. Les occurrences du symbole dans un document sont détectées grâce à un processus de vote sur des régions candidates. L'approche repose sur un vocabulaire visuel et afin de réduire la complexité d'appariement d'un symbole avec d'autres, les auteurs ont utilisé le modèle vectoriel et une indexation par un fichier inverse. Cette méthode s'appuie sur un descripteur défini à partir du concept de contexte de forme adapté aux points d'intérêt. Ce descripteur est invariant à la rotation, à la translation et aux changements d'échelles.

[ZUW 06] et [TAB 07] proposent de segmenter les symboles contenus dans les documents pour les localiser par rapport à un symbole requête. Ainsi, le document est décomposé en chaînes de points connectés qui sont ensuite regroupées pour redéfinir de nouveaux symboles grâce à la construction d'un dendrogramme. En effet, les points de jonction et les points terminaux du document sont localisés pour décomposer le document en chaînes de points connectés. Le document est ensuite représenté par un graphe de jonction dans lequel les nœuds correspondent aux chaînes de points et les arcs au fait que deux chaînes de points soient connectées.

### 2.6.3. Localisation de champs de saisie sur des images de formulaires

Un autre exemple d'application de la localisation d'objets sur les images de documents est la localisation de champs de saisie à partir des formulaires.

Dans [HAM 16b], ces champs (*Figure 2.6*) sont localisés grâce à une modélisation structurelle représentant leur contexte. Dans un premier temps, les zones informatives sont extraites. Les formulaires sont ensuite représentés par des graphes au sein desquels les nœuds représentent des rectangles de couleur uniforme tandis que les arcs modélisent les relations de voisinage. Finalement, le voisinage de la région d'intérêt à localiser est également représenté par un graphe. Une recherche d'isomorphisme de sous graphe vise à localiser le graphe modélisant le voisinage de la région d'intérêt au sein de la représentation structurelle du document cible.



*Figure 2.6 : Exemples de champs de saisie [HAM 16b].*

#### 2.6.4. Localisation de Pièces d'identité

Une autre application industrielle de la localisation a été conçue par Augereau et al. [AUG 12] dans laquelle les auteurs ont été intéressés à la détection de cartes d'identité et de passeports positionnées à l'intérieur de documents numérisés.

Pour eux, une image peut contenir un ou plusieurs documents de différentes natures. L'objectif est donc de détecter si une pièce d'identité est présente, et de la localiser précisément afin d'exploiter les informations qu'elle contient tel que le nom, le prénom, etc. Quelques exemples d'images analysées sont présentés sur la *Figure 2.7*.



*Figure 2.7 : Exemple de document présentant des pièces d'identité [AUG 12].*

Les pièces d'identité contiennent une photo d'identité, des logos, des textures et du texte.

L'algorithme proposé est le suivant. Dans un premier temps, une image modèle correspondant au type de pièces d'identité à reconnaître est créée. Une image modèle correspond à un exemple de document recherché pour lequel les parties variables ont été supprimées. Les points d'intérêt des différents modèles et des images requêtes sont extraits et décrits à l'aide de la méthode SURF [BAY 08]. Ensuite les points d'intérêt du modèle sont mis en correspondance avec les points d'intérêt de l'image requête. Pour cela, l'algorithme de recherche rapide et approximative de plus proches voisins FLANN [MUJ 09] est utilisé. Enfin la transformation (modèle à 4 paramètres) est estimée avec RANSAC [FIS 87]. Cette opération permet de localiser très précisément le modèle dans l'image requête.

## 2.7. Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté une vue d'ensemble sur l'état actuel du domaine de la localisation de zones d'intérêt. Nous avons commencé par la définition des termes localisation et zone d'intérêt. Puis nous avons étudié la localisation dans les images de documents. Ainsi, nous avons présenté quelques travaux existants de localisation des tableaux et d'autres entités dans les images de documents.

*Chapitre 3.*  
*Conception du système*



3.1. Introduction

Le présent chapitre est consacré à la présentation de la conception ou bien la structure générale et la modélisation de notre application de **localisation des tableaux de notes et de la moyenne dans les relevés de notes du bac.**

Nous commençons le chapitre par une étude physique des relevés de notes du baccalauréat. Vu qu'il existe plusieurs formats de relevés, nous décrivons par la suite les caractéristiques de chaque format de relevé. Puis nous présentons la démarche optée tout en détaillant les différentes étapes incorporées et les méthodes utilisées, avant de conclure.

3.2. Objectif du projet

L'objectif de ce projet de fin d'étude est donc de développer un système d'analyse des relevés de notes du bac numérisés pour en extraire et localiser deux informations très importantes qui sont **le tableau de notes de l'étudiant et le tableau de la moyenne.** Une fois les deux tableaux sont localisés sur l'image du relevé de notes, nous pouvons les passer à un autre système de reconnaissance de chiffres afin de reconnaître les notes.

3.3. Analyse physique des relevés de notes du baccalauréat

3.3.1. Caractéristiques des différents relevés de notes existants

Après l'analyse physique des différents relevés de notes de notre corpus de test, répartis sur différentes années (de 1997 à 2015), nous avons remarqué que presque chaque année le format des relevés change (voir *Figure 3.1*), mais les données restent les mêmes {Cadre, Entête, Matricule, Informations de l'étudiant, Année, Branche, Décret, Tableau de notes, ...}.

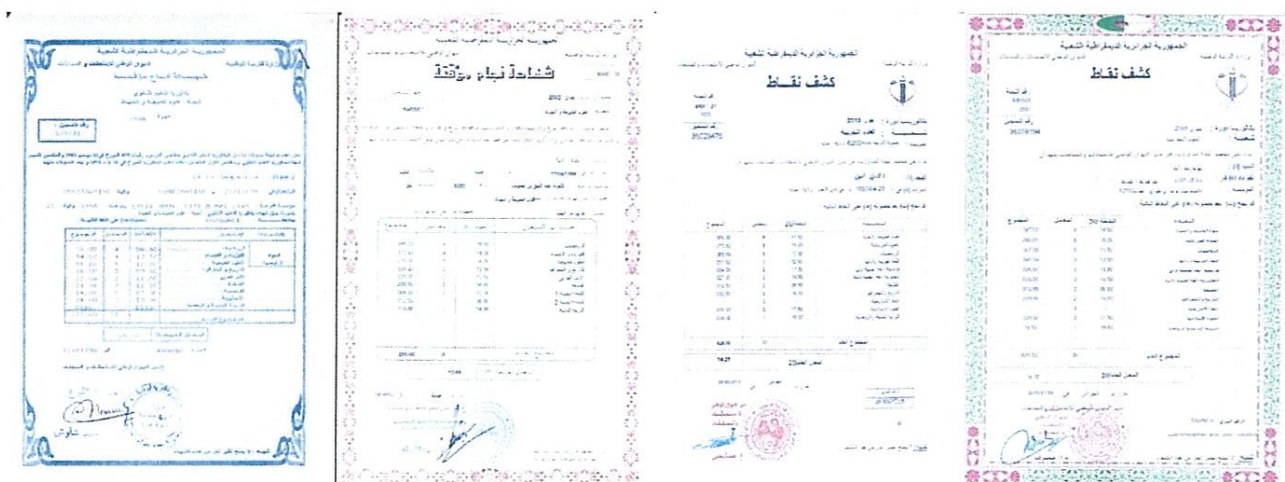


Figure 3.1 : Exemples de relevés de différents formats.

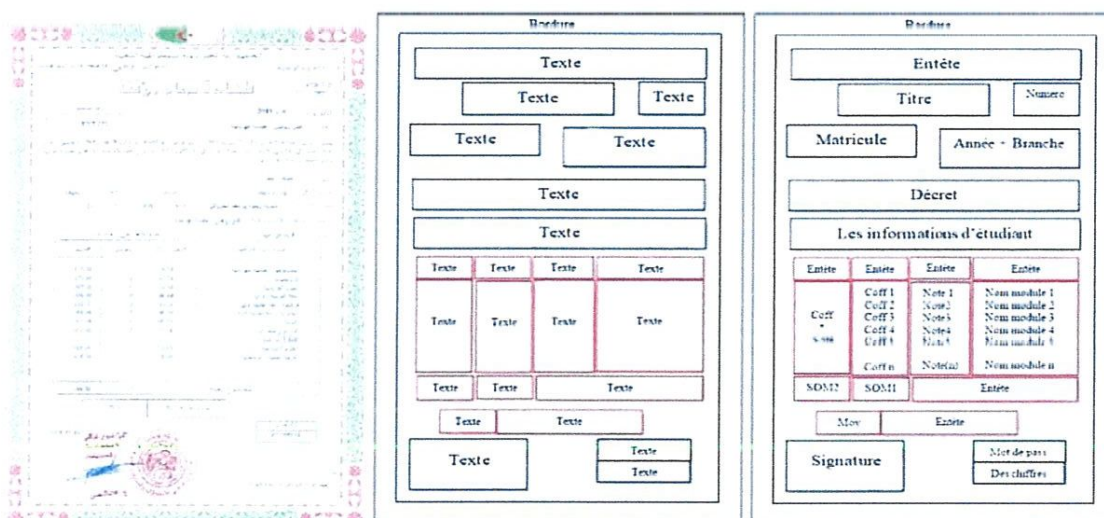
Cependant, les variations se situent à plusieurs niveaux ; par exemple au niveau de la qualité de papier (papier standard ou spécial), la police de l'écriture, la langue des informations de l'étudiant (arabe ou français), le cachet et la signature, les couleurs de l'écriture et du fond...

### 3.3.2. Structure des relevés de notes

Après l'étude générale des relevés de notes du baccalauréat, et parmi les informations qui existent nous nous intéressons au tableau de notes et au tableau de la moyenne.

Selon la *Figure 3.1*, on peut remarquer que le tableau de notes se situe généralement au milieu du relevé et le tableau de la moyenne se trouve en dessous. Il est à noter aussi que le cadre de ces deux tableaux soit un rectangle simple ou bien un rectangle avec coins arrondis. Puis aussi il existe plusieurs branches d'étude baccalauréat en Algérie, et les branches se diffèrent entre elles par le nombre de matières et le contenu des matières.

Par la suite, nous allons présenter les différents niveaux de structures des relevés de notes :



a) Document original

b) Structure physique

c) Structure logique

*Figure 3.2 : Différents niveaux de structures d'un relevé de Bac.*

### 3.4. Approche proposée

La mise en œuvre de notre système se fait par plusieurs étapes que nous allons les résumer dans la *Figure 3.3* qui présente les composantes principales du schéma du système proposé.

Ce schéma se compose alors de trois parties essentielles (et une partie secondaire) :

1. *Première partie* : Numérisation et prétraitement. La numérisation permet de convertir le document papier en une image de pixels. Le prétraitement consiste à éliminer les défauts liés à l'image numérisée afin de faciliter les autres étapes.

2. *Deuxième partie* : Segmentation. Cette partie permet de segmenter le relevé en zones d'informations.
3. *Troisième partie* : Localisation du deux tableaux (de notes et de la moyenne) conformément à leur apparence physique.
4. *Quatrième partie* : Reconnaissance des notes et de la moyenne de l'étudiant.

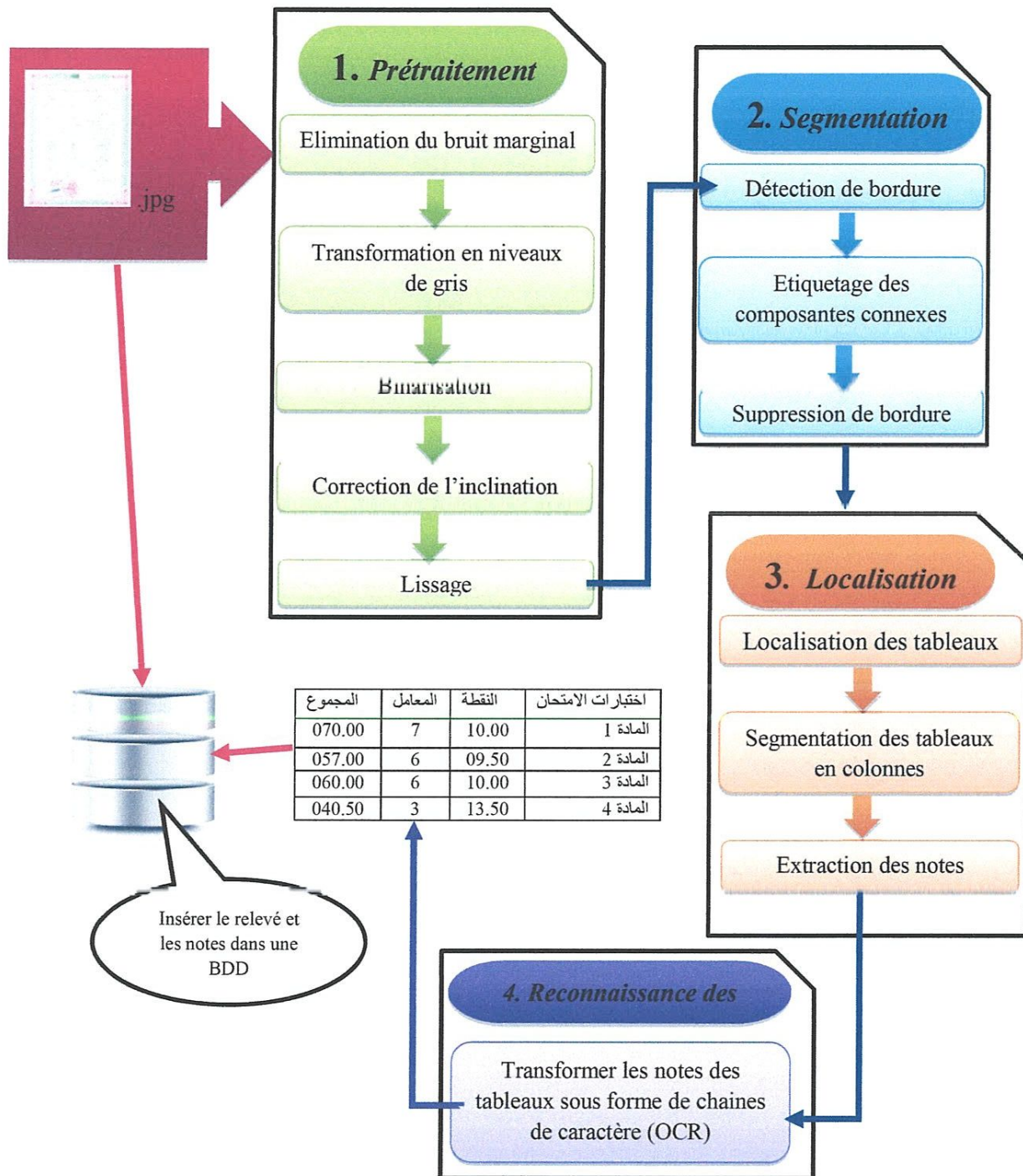


Figure 3.3 : Schéma du processus général du système proposé.

### 3.4.1. Prétraitement des relevés

Après la numérisation des relevés sous format image, on remarque la présence sur ces images : des tâches d'humidité, apparition du verso sur le recto, des trous...etc. en général, des images bruitées, donc le prétraitement est nécessaire et joue un rôle important pour améliorer la qualité d'images. Le prétraitement regroupe un ensemble de techniques permettant de modifier une image numérique afin de l'améliorer ou d'en extraire des informations.

Plusieurs traitements peuvent être inclus dans le prétraitement, dans notre système nous avons choisi les étapes suivantes: Elimination de bruit Marginal, transformation en niveaux de gris, Binarisation, correction de l'inclinaison, et élimination de bruit par lissage.

#### 3.4.1.1. Détection et élimination de bruit Marginal

Le bruit marginal est formé de l'ensemble d'ombres qui apparaissent en noir ou en une couleur proche du noir dans les marges verticales ou horizontales d'une image. Il en résulte de nombreuses sources telles que des perforations, de l'inclinaison du document, de la numérisation de documents épais ou des bords de pages dans les livres.

Le premier prétraitement à faire est d'éliminer le bruit marginal des relevés. Cette étape est nécessaire pour le bon fonctionnement des traitements suivants.

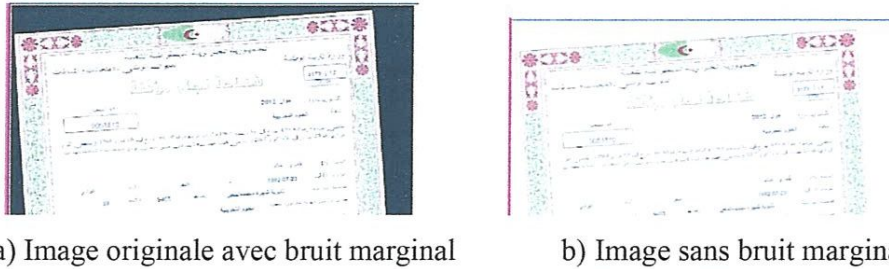
#### ➤ *Les étapes de détection et d'élimination du bruit marginal*

- L'Entrée : une image couleur (l'image originale).
- Détecter le bruit marginal haut, bas, droit, et gauche. Pour trouver le bruit marginal haut par exemple (respectivement bas, droit, gauche), on procède à l'étiquetage des composantes connexes<sup>2</sup> se trouvant dans les premières lignes de l'image originale (respectivement dernières lignes, premières colonnes, dernières colonnes) et formées des pixels ayant une couleur proche du noir (les valeurs du rouge, vert et bleu du pixel sont inférieurs à un certain seuil). Le bruit marginal sera formé de toutes les composantes connexes étiquetées.
- Afficher les composantes connexes formant le bruit marginal en bleu.
- Colorer les pixels du bruit marginal par la couleur dominante de l'image. Cette couleur est extraite en utilisant un tableau de 256<sup>3</sup> cases représentant chacune une couleur et stockant le nombre de pixels dans l'image ayant cette couleur. La couleur dominante correspond à la case contenant la valeur maximale du tableau.
- La sortie : une image sans bruit marginal.

---

<sup>2</sup> Une composante connexe est un ensemble de pixels connectés

La figure suivante illustre le résultat de cette étape :



**Figure 3.4 :** Détection et élimination de bruit Marginal.

#### 3.4.1.2. Transformation en niveaux de gris

Pour convertir une image couleur en niveaux de gris il faut remplacer, pour chaque pixel les trois valeurs représentant les niveaux du rouge, du vert et du bleu, par une seule valeur représentant la luminosité. Cette transformation est nécessaire car la méthode de binarisation qui sera utilisée est applicable sur des images en niveaux de gris.

##### ➤ Les étapes de l'algorithme utilisé

- Entrée : Image en couleurs (l'image résultante de l'élimination du bruit marginal)
- Pour chaque pixel de l'image faire:
  - $R \leftarrow$  la quantité de la couleur rouge du pixel.
  - $V \leftarrow$  la quantité du couleur vert du pixel.
  - $B \leftarrow$  la quantité du couleur bleu du pixel.
  - Le niveau de gris du pixel est calculé par :  $Gris \leftarrow (R+V+B) / 3$
  - La caractéristique d'un pixel de niveaux de gris est que ses trois composantes sont égales, c.à.d.  $R=V=B=Gris$ .
- Sortie : une image en niveaux de gris.

#### 3.4.1.3. Binarisation

La Binarisation (seuillage) est une étape importante dans tout processus de traitement et d'analyse d'images. Elle permet de séparer l'avant-plan de l'arrière-plan de l'image ce qui produit deux classes de pixels : une classe représentant le fond de l'image (en blanc) et une autre classe représentant la scène de l'image (en noir).

Dans cette approche, il peut découler un grand nombre de techniques. Dans notre système nous avons proposé d'intégrer une méthode de seuillage global, et nous avons opté pour la méthode d'Otsu [OTS 79]. C'est une méthode de seuillage global très populaire qui produit des bons résultats surtout avec les images de document peu bruitées.

*La méthode d'Otsu* [OTS 79] essaye de trouver le seuil  $T$  qui sépare l'histogramme de niveaux de gris de l'image de façon optimale en deux segments (qui maximise la variance inter-segments ou bien qui minimise une mesure de variance intra-segments). Le calcul de la variance interclasses ou intra-classes est basé sur l'histogramme normalisé  $H = [h_0 \dots h_{255}]$  de l'image d'où  $\sum h_i = 1$ . La variance interclasses pour chaque seuil probable  $t$  est donnée par :

$$\sigma_{inter}^2 = q_1(t) \times q_2(t) \times [\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2$$

$$\text{Tel que : } q_1(t) = \sum_{i=0}^{t-1} h_2(i), \quad q_2(t) = \sum_{i=t}^{255} h_2(i),$$

$$u_1(t) = \frac{1}{q_1(t)} \sum_{i=0}^{t-1} h_2(i) \times i, \quad u_2(t) = \frac{1}{q_2(t)} \sum_{i=t}^{255} h_2(i) \times i$$

➤ *Les étapes de l'algorithme utilisé*

- Entrée : Image en niveaux de gris
- Calculer l'histogramme de niveaux de gris de l'image.
- Calculer l'histogramme normalisé.
- Calculer la variance interclasses pour chaque niveau de gris.
- $B \leftarrow$  le niveau de gris dont la variance est maximale.
- Pour chaque pixel  $(x, y)$  de l'image :
  - Si le niveau de gris du pixel est  $< B$  alors colorer le pixel en noir
  - Sinon colorer le pixel en blanc
- Sortie : Image binaire avec **0 = Noir** et **1 = Blanc**.

### 3.4.1.4. Correction de l'inclinaison

Le but de notre travail est de localiser le tableau de notes et le tableau de la moyenne. Malheureusement certaines de nos relevés sont inclinés c.à.d. ne sont pas orientés correctement, ce qui rend difficile la localisation des deux tableaux. En effet, nous avons remarqué que l'angle d'inclinaison dans nos relevés ne dépasse jamais  $2^\circ$ . On était donc obligé de passer par une étape de correction de l'inclinaison des relevés inclinés. Cependant, nous avons utilisé une méthode simple et classique de correction d'inclinaison basée sur l'analyse de profil de projections.

➤ *Les étapes de l'algorithme de correction d'inclinaison utilisé*

- Entrée : Image binaire avec **0 = Noir** et **1 = Blanc**.
  - Pour  $a$  allant de  $-20^\circ$  jusqu'à  $20^\circ$  faire
    - Roter l'image d'angle  $(a/10)$
    - Calculer l'histogramme de projections horizontales de l'image rotée.
- L'histogramme de projections horizontales d'une image peut être implémenté par

un tableau de taille égale à la hauteur de l'image tel que chaque case  $i$  stocke le nombre de pixels noirs dans la ligne  $i$  de l'image.

- La valeur de la projection correspond à la valeur maximale du tableau.
- L'angle d'inclinaison  $\theta$  de l'image est celle avec laquelle la valeur de la projection est maximale.
- Roter l'image binarisée et l'image originale d'angle  $\theta$ .
- La rotation produit des pixels transparents dans les images. Ainsi, la dernière étape dans l'algorithme est de colorer les pixels transparents de l'image binaire en blanc et ceux de l'image originale par la couleur la plus dominante. Cette dernière a été déjà identifiée dans la section 3.4.1.1.
- Sortie : image bien orientée.

### 3.4.1.5. Lissage

Le lissage permet de nettoyer le bruit qui se produit après la Binarisation d'une image, ce qui pose des problèmes sur les autres traitements et diminue les performances de notre système. Pour obvier ce problème, nous avons opté une méthode de lissage qui sert à éliminer tous les pixels isolés.

Dans ce stade nous allons nous pencher sur l'attribution d'une valeur à un pixel selon celle des pixels qui se situent à son voisinage. Ainsi un pixel devient noir si la majorité des pixels de son voisinage (7 pixels parmi 8 dans notre cas) sont noirs même s'il est blanc, et la même chose s'il est noir et si la majorité des pixels voisins sont blancs il devient ainsi blanc.

### 3.4.2. Segmentation

La segmentation d'image est une opération de traitement d'images qui a pour but de rassembler des pixels entre eux. Les pixels sont ainsi regroupés en régions, qui constituent un pavage ou une partition de l'image. Ainsi, comme nous avons vu dans le premier chapitre, les trois approches de segmentation de documents sont : l'approche ascendante, descendante, et mixte.

Dans notre système, nous appliquons une segmentation mixte. Tout d'abord, nous commençons par la sélection de la bordure du relevé de notes. Puis nous utilisons une technique de segmentation ascendante afin de regrouper les pixels ayant les mêmes propriétés en composantes connexes. Enfin nous éliminons la bordure du relevé car il n'a aucune importance dans le document.

3.4.2.1. Détection de la bordure

Selon l'étude physique des relevés de notes que nous avons effectué, nous avons remarqué que les relevés des années de 1997 à 2012 et ceux de 2015, contiennent différents formats de bordures qui entourent les informations du document : bordure sous forme de cadre et donc il est formé d'une seule composante connexe, bordure sous forme d'une série d'étoiles ou d'autres formes géométriques, etc. Il existe également d'autres relevés qui ne contiennent aucune bordure (relevés des années 2013 et 2014).

La figure suivante présente quelques exemples des différents types de bordures existantes :



Figure 3.5 : Quelques types de bordures existantes.

La méthode que nous avons appliquée pour la détection de bordure est basée sur l'algorithme RLSA (Run Length Smoothing Algorithm) [WEB 13].

RLSA est un algorithme publié en 1981 par L. Abele et F. Wahl permettant de segmenter les informations présentes sur un document. Globalement, l'idée consiste à relier les pixels noirs séparés par moins de  $n$  pixels blanc. En faisant grandir  $n$ , on pourra d'abord segmenter les lettres, les mots, les lignes et les paragraphes. Le RLSA est généralement appliqué horizontalement puis verticalement. On combine à l'aide d'un ET logique ces deux opérations afin d'obtenir le résultat final.

Nous avons proposé de ne pas appliquer l'algorithme RLSA sur l'image entière mais uniquement sur la partie de l'image contenant le cadre. De plus, d'après l'étude physique des relevés de bac, on a trouvé que la position du cadre dans le document peut se différer légèrement d'un document à un autre, mais l'épaisseur du cadre ne dépasse jamais la valeur ( $largeur\ du\ document / 10$ ). Cependant, le cadre prend la forme d'un rectangle formé de quatre cotés (haut, bas, gauche, droit) et après un ensemble de tests on a fixé différentes valeurs du seuil  $n$  pour chaque côté du rectangle. Ainsi, on a trouvé que la valeur la plus adéquate du seuil  $n$  pour les deux cotés horizontaux (un en haut de l'image et l'autre en bas), est 10% de la largeur de l'image. Puis dans les deux cotés verticaux, le seuil  $n$  est fixé égale à 20% de la largeur de l'image pour le côté gauche et 30% de la largeur de l'image pour la coté droite respectivement.



➤ *Les étapes de l'algorithme utilisé*

- Entrée : image bien orientée et lissée (en binaire).
- Calculer la largeur de l'image /10.
- Trouver les deux cotés horizontaux du cadre. Pour ce faire :
  - Diviser l'image horizontalement en sous-images d'hauteur égale à la largeur de l'image /10. Les deux cotés horizontaux du cadre se trouvent respectivement dans la première et la dernière sous-image.
  - Appliquer l'algorithme RLSA horizontalement sur la première et la dernière sous-image séparément en prenant  $n = 10\%$  de la largeur de l'image, ce qui permet de relier les pixels noirs du cadre, proches selon l'axe horizontal.
  - Raffiner les côtés horizontaux du cadre en colorant tous leurs pixels en noir. Pour ce faire, on commence par calculer l'histogramme de projections horizontales de première et la dernière sous-image. A partir de cet histogramme, on détermine les lignes de début et de fin de chacune des deux côtés. Finalement, tous les pixels se trouvant entre les lignes de début et de fin des deux côtés sont colorés en noir.
- Trouver les deux cotés verticaux du cadre. Pour ce faire :
  - En divisant l'image verticalement en sous-images de largeur égale à la largeur de l'image /10, les deux cotés verticaux du cadre se trouvent dans la première et les dernières sous-images
  - Appliquer l'algorithme RLSA verticalement sur la gauche du relevé en prenant  $n = 20\%$  de la largeur de l'image, puis sur la droite en prenant  $n = 30\%$  de largeur de l'image, ce qui permet de relier les pixels noirs du cadre, proches selon l'axe vertical.
  - Raffiner les côtés verticaux du cadre en colorant tous leurs pixels en noir. Cela est fait en calculant l'histogramme de projections verticales de la gauche et la droite du cadre et en trouvant les colonnes de début et de fin de chacune des deux côtés, et finalement de colorer en noir tous les pixels se trouvant entre les colonnes de début et de fin des deux côtés.
- Restaurer les pixels qui se trouvent avant le cadre. Ainsi, les pixels se situant au-dessus du côté haut, au-dessous du côté bas, à gauche du côté gauche, à droite du côté droit, seront colorés avec leur couleur dans l'image résultante du lissage.
- A la fin de l'algorithme, le cadre devient composé d'un seul objet.
- Sortie : Image sans cadre.

La *Figure 3.6.a* montré le résultat de cette étape :



(a) détection de bordure (b) Etiquetage des composantes connexes (c) suppression de bordure  
**Figure 3.6 :** Détection de la bordure, étiquetage des composantes connexes, et suppression de la bordure.

**3.4.2.2. Etiquetage des composantes connexes**

Dans une image binaire, il est courant d’étiqueter les composantes connexes afin de pouvoir distinguer et extraire les différentes structures "déconnectées". Ceci se traduit par l’affectation d’une valeur (couleur) distincte à chaque composante connexe.

L’étiquetage des composantes connexes consiste à regrouper tous les pixels noirs voisins dans une unité distincte. Et pour cela nous utilisons la méthode d’agrégation des pixels. Le but de cet étiquetage pour les images binaires n’est pas de construire une liste des composantes connexes mais d’attribuer chaque pixel d’une image binaire à sa composante connexe.

Le résultat de l’étiquetage des composantes connexes est une image en couleurs dont chaque composante connexe est affichée par une couleur différente. La **Figure 3.6.b** illustre le résultat de l’étiquetage des composantes connexes.

**3.4.2.3. Suppression de la bordure**

Après la détection de la bordure avec l’algorithme RLSA, tous les pixels de la bordure sont devenus connectés entre eux et forment un seul objet ou bien une seule composante connexe dans le relevé. Ainsi, on remarque que la bordure représente la plus grande composante connexe, donc pour éliminer la bordure il faut chercher dans la liste des composant connexes quelle est la composante connexe ayant la taille maximale et de la supprimer par la suite. En effet, la suppression de la bordure est effectuée dont le but de faciliter la détection des tableaux de notes et de moyenne, qui est l’objectif de notre travail. La **Figure 3.6.c** expose le résultat de cette étape.

**3.4.3. Localisation des tableaux**

Selon l’étude physique des relevés de notes, et comme nous avons vu dans le deuxième chapitre, la localisation d’un objet consiste en la détermination de sa position dans les images de documents.

Cette phase est la phase principale dans notre système. Elle est composée de trois étapes : la détection ou la localisation des deux tableaux de notes et de moyenne, la segmentation des tableaux en colonnes, et après la localisation et l'extraction des notes et de la moyenne.

### 3.4.3.1. Extraction des tableaux de notes et de la moyenne

Après l'application des étapes du prétraitement, nous remarquons dans quelques relevés que le cadre des deux tableaux de notes et de moyenne, est presque supprimé ce qui rend difficile de localiser les tableaux. C'est donc pourquoi dans notre travail nous utilisons deux méthodes pour détecter les tableaux.

#### *a) Première méthode*

La première méthode est utilisée lorsque le cadre des tableaux apparaît en bonne état (n'est pas effacé). En effet, après la suppression de la bordure du relevé, la plus grande composante connexe restante correspond au tableau de notes et la deuxième composante connexe plus grande correspond au tableau de la moyenne. Il suffit donc de chercher ces deux composantes connexes pour localiser les deux tableaux. Nous avons ajouté d'autres critères de sélection afin de raffiner le résultat obtenu. De ce fait, le tableau de notes est la composante connexe qui vérifie :

- C'est la composante connexe la plus grande.
- Elle se trouve au milieu du relevé.
- La largeur de cette composante est plus grande que sa hauteur.
- La largeur de cette composante est supérieure à la largeur de l'image \* 2 / 3.
- La hauteur de cette composante est supérieure à la hauteur de l'image / 6.

De même, le tableau de la moyenne est la composante connexe qui vérifie :

- C'est la plus grande composante connexe se trouvant juste au-dessous du tableau de notes.
- La largeur de cette composante est supérieure à sa hauteur \*4.
- La largeur de cette composante est supérieure à la largeur de l'image / 4.

#### *b) Deuxième méthode*

La deuxième méthode est utilisée lorsque les cadres des tableaux soient partiellement effacés. Elle repose sur l'analyse du profil de projections. Les étapes incluses dans cette méthodes sont :

- Calculer l'histogramme de projections horizontales uniquement de la partie de l'image pouvant contenir le tableau de notes et le tableau de la moyenne.
- Chercher les lignes horizontales des tableaux à partir de l'histogramme de projections horizontales. Elles correspondent aux lignes de l'image dont la valeur de projection dans l'histogramme est supérieure à un certain seuil.
- Trouver les lignes de fin et de début de chacune des deux tableaux. Les deux dernières lignes (les deux lignes basses) appartiennent au tableau de la moyenne, tandis que toutes les autres lignes sont des lignes horizontales du tableau de notes. Les lignes de début et de fin permettent de déterminer la position verticale des deux tableaux dans l'image.
- Trouver la colonne de début et de fin de chacune des deux tableaux. Pour trouver la colonne de début du tableau de notes, on parcourt verticalement la région contenant le tableau de notes de gauche à droite jusqu'à rencontrer un premier pixel noir. La colonne de ce pixel est considérée comme la colonne de début du tableau de notes. Même principe pour trouver la colonne de fin du tableau de notes mais le parcours se fait de droite à gauche. La colonne du premier pixel noir rencontré est la colonne de fin du tableau de notes. La colonne de début et de fin du tableau de la moyenne sont trouvées de la même manière. Les colonnes de début et de fin permettent de déterminer la position horizontale des deux tableaux dans l'image
- Calculer l'histogramme de projections verticales uniquement de la partie de l'image contenant le tableau de notes, même méthode pour le tableau de la moyenne.
- Chercher les lignes verticales des deux tableaux à partir des histogrammes de projections verticales. Elles correspondent aux colonnes de l'image dont la valeur de projection dans l'histogramme est supérieure à un certain seuil.
- Filtrage de la liste de lignes verticales : Si la colonne de début est très proche de la première ligne verticale, cette dernière devient la colonne de début sinon la colonne de début est ajoutée à la liste de lignes verticales. De même, si la colonne de fin est très proche de la dernière ligne verticale, cette dernière devient la colonne de fin sinon la colonne de fin est ajoutée à la liste de lignes verticales. Même traitement pour le tableau de la moyenne.
- Regrouper les pixels de toutes les lignes horizontales et verticales du tableau de notes dans une même composante connexe représentant le tableau de notes, et la même chose pour le tableau de la moyenne.
- En fin, l'affichage du tableau de notes et du tableau de la moyenne .

La figure suivante présente le résultat de cette étape :

المجموع	المعدل	نقطة / 20	استدراات الامتحانات
115.50	7	16.50	التكولوجيا - مقدمة للبرمجة
075.50	8	12.50	البرمجة
087.25	8	14.50	العلوم القياسية
025.50	3	08.50	اللغة العربية وأدبها
060.50	2	04.00	فرنسية - لغة أساسية أولى
069.50	2	04.50	إنجليزية - لغة أساسية ثانية
011.00	2	05.50	التاريخ
025.00	2	11.50	التربية والحرف
-	2	-	اللغة الأمازيغية
020.00	2	13.00	العلوم الإنسانية
010.50	1	18.50	التربية البدنية والرياضية
399.50	33		المجموع الكلي

المجموع	المعدل
12.11	المعدل العام / 20

Figure 3.7 : Détection de tableau de notes et tableau de la moyenne.

### 3.4.3.2. Segmentation des tableaux en colonnes

Une fois la localisation des tableaux qui contiennent les notes et la moyenne soit faite, on procède à la segmentation de ces tableaux en colonnes. En effet, cette segmentation est nécessaire car chaque colonne dans les deux tableaux présente un type particulier d'information ; par exemple dans les le tableau de notes, les colonnes présentent de droite à gauche : les noms de modules, les notes dans chaque module, les coefficients de chaque module, et la somme des notes.

La segmentation en colonnes est effectuée en utilisant la technique de projections verticales, et ci-après nous allons parler explicitement sur la technique suivie.

Pour segmenter le tableau de notes on procède comme suit :

- La première étape est de colorer les pixels composant le cadre du tableau en jaune (qui est la même couleur des pixels se trouvant à l'intérieur du tableau et qui ne font pas partie des informations pertinentes (notes)). Le tableau de notes contiendra donc que des pixels jaunes correspondant au fond du tableau et les notes qui sont en noir.
- Ensuite, nous crions liste qui contient la limite gauche et la limite droite de chaque colonne du tableau ; cette liste est vide au départ.
- Nous faisons un parcours vertical sur toute la région du tableau en commençant notre balayage de gauche à droite. Dès qu'on rencontre une direction verticale (colonne de l'image) qui contient au moins un pixel noir et qu'au moins les  $m$  directions verticales qui les précèdent sont totalement jaunes donc on la prend si non on la néglige et on continue notre balayage. Le seuil  $m$  détermine la largeur minimale d'une colonne dans le tableau et il est fixé par expérimentations égale à la largeur de l'image / 80.
- Dès que ce balayage est terminé, on aura une liste qui contient des numéros qui constituent uniquement l'extrême gauche et l'extrême droite de chaque colonne du tableau de notes. Il ne reste que d'afficher chaque colonne en une couleur distincte.

La segmentation du tableau de la moyenne s’effectue de la même manière précédente mais le balayage se fait sur la région de l’image contenant le tableau de la moyenne.

**3.4.3.3. Extraction des informations à partir des colonnes**

La dernière étape dans le processus de localisation est l’extraction ou la localisation des notes et de la moyenne de l’étudiant à partir des colonnes segmentées. Dans cette étape, nous utilisons également la fameuse technique de projections horizontales et l’application de cette technique se fait sur chaque colonne des deux tableaux séparément.

La figure suivante présente le résultat de cette étape :

المجموع	المعامل	النقطة/20	المسادة
069.00	6	11.50	علوم الطبيعة والحياة
077.50	5	15.50	العلوم الفيزيائية
085.00	5	17.00	الرياضيات
037.50	3	12.50	لغة العربية وأدبها
034.00	2	17.00	فرنسية - لغة أجنبية أولى
027.00	2	13.50	إنجليزية - لغة أجنبية ثانية
013.00	2	06.50	الفلسفة
032.00	2	16.00	تاريخ والجغرافيا
-	2	-	اللغة الأمازيغية
035.00	2	17.50	العلوم الإسلامية
010.00	1	18.00	تربية البدنية والرياضيا
428.00	30		المجموع العلم
14.27		المعدل العام/20	

Figure 3.8 : Extraction des informations à partir des deux tableaux.

Pour l’extraction des informations à partir des colonnes du tableau de notes, les étapes suivies sont les suivants :

Pour chaque colonne *i* du tableau faire

- Calculer l’histogramme de projections horizontales de la colonne *i*.
- Crier une liste des limites hautes et basses de chaque information (la liste est initialement vide) et insérer la limite haute et la limite basse de la colonne *i* dans cette liste.
- Parcourir l’histogramme de projections; si une entrée dans l’histogramme a une valeur de projection non nulle et la valeur de projection de l’entrée qui la précède est nulle, elle est considéré comme limite haute et on l’insère dans la liste. De même, une entrée ayant une valeur de projection non nulle avec la valeur de projection de l’entrée qui la succède est nulle est considérée comme limite basse et elle est insérée dans la liste.
- Dès que ce balayage est terminé, on aura une liste qui contient des numéros qui constituent uniquement l’extrême haut et l’extrême bas de chaque ligne (qui contient une information) de la colonne *i*. Un filtrage est ensuite appliqué afin de ne garder que les lignes dont la hauteur est supérieure à un certain seuil.

# *Chapitre 4.*

*Implémentation et résultats*

## 4.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons l'implémentation de l'application qui est la phase la plus importante après celle de la conception. Nous allons présenter les ressources et les outils de développement utilisés dans notre application, et nous finissons par présenter l'application développée et les résultats obtenus qui vont être illustrés par des captures d'écrans.

## 4.2. Ressources et outils de développement utilisés

### 4.2.1. Système d'exploitation et ressource matériel

L'environnement de base constituant le support de notre travail est le système d'exploitation Windows 8.1 professionnel qui permet d'utiliser les outils de programmation d'une manière facile sous un ordinateur portable dont les caractéristiques sont décrites dans la

*Figure 4.1 :*



*Figure 4.1 : Matériel utilisé.*

### 4.2.2. Environnements et langage de programmation

Lors de l'implémentation de notre système, nous avons utilisé:

- Le langage java.
- L'environnement de développement NetBeans IDE 8.2.
- Le Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) Microsoft Access version 2010.

#### 4.2.2.1. Le langage java

Le langage **Java** est un langage de programmation informatique orienté objet créé par James Gosling et Patrick Naughton, employés de Sun Microsystems, avec le soutien de Bill Joy (cofondateur de Sun Microsystems en 1982), présenté officiellement le 23 mai 1995 au *SunWorld*.

La particularité et l'objectif central de Java est que les logiciels écrits dans ce langage soient très facilement portables sur plusieurs systèmes d'exploitation tels que UNIX,



Windows, Mac OS ou GNU/Linux, avec peu ou pas de modifications. Pour cela, divers plateformes et frameworks associés visent à guider, sinon garantir, cette portabilité des applications développées en Java [WEB 8].

#### 4.2.2.2. NetBeans

NetBeans 8.2 (Figure 4.2) est un environnement de développement intégré (EDI), placé en *open source* par Sun sous licence CDDL (Common Développement and Distribution License) et GPLv2. En plus de Java, NetBeans permet également de supporter différents autres langages, comme C, C++, JavaScript, XML, Groovy, PHP et HTML de façon native. Il comprend toutes les caractéristiques d'un IDE moderne (éditeur en couleur, projets multi-langage, refactoring, éditeur graphique d'interfaces et de pages Web).

Conçu en Java, NetBeans est disponible sous Windows, Linux, Solaris (sur x86 et SPARC), Mac OS X ou sous une version indépendante des systèmes d'exploitation (requérant une machine virtuelle Java). Un environnement Java Développement Kit JDK est requis pour les développements en Java. NetBeans constitue par ailleurs une plateforme qui permet le développement d'applications spécifiques (bibliothèque Swing (Java)). L'IDE NetBeans s'appuie sur cette plateforme. L'IDE Netbeans s'enrichit à l'aide de greffons [WEB 9].

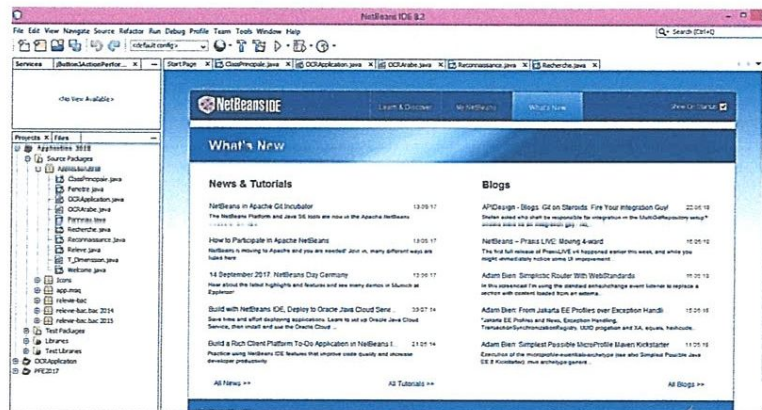


Figure 4.2 : Interface de l'environnement de développement NetBeans version EDI.8.2.

### 4.2.3. Microsoft Access

#### a) Définition

MS Access (officiellement Microsoft Office Access) est un SGBD relationnel édité par Microsoft. Il fait partie de la suite bureautique MS Office Pro.

MS Access est composé de plusieurs programmes : le moteur de base de données Microsoft Jet, un éditeur graphique, une interface de type Query by Example pour manipuler les bases de données, et le langage de programmation Visual Basic for Applications [WEB 10].

**b) Spécificités d'Access**

Pour gérer les données, Access utilise cinq parties distinctes: [WEB11]

- Les tables reprennent tous les enregistrements avec leurs champs.
- Les requêtes reprennent les traitements sur les tables: filtrage et classement suivant les différents champs, l'affichage ou non des champs calculés à partir des autres champs.
- Les Formulaire permettent d'afficher à l'écran les fiches à partir des tables ou des requêtes, soit sous forme individuelles, soit sous forme de listes.
- Les états sont utilisés pour l'impression, de nouveau en récupérant les données à partir des tables ou des requêtes. Différentes possibilités de mises en page sont paramétrables.
- Les macros reprennent des programmations spécifiques sous forme de commandes préprogrammées ou programmées en langage VBA.

**4.3. Bibliothèques utilisées****4.3.1. La bibliothèque « Tess4J »**

Dans notre système nous avons utilisé la bibliothèque java « Tess4J » pour la reconnaissance des notes. **Tess4J**<sup>3</sup> est un wrapper open source pour le logiciel de reconnaissance optique de caractères **Tesseract** compatible avec la plupart des formats image et les documents PDF. Tesseract permet aux développeurs d'intégrer un module OCR à leurs projets d'applications écrits en Java en faisant appel à une puissante API capable de reconnaître et d'extraire du texte dans une image [WEB 12].

L'intégration de « Tess4J » dans le projet et son utilisation ont été plutôt simple.

**➤ Les étapes pour utiliser la bibliothèque**

- Télécharger la bibliothèque à partir du lien suivant :  
<https://sourceforge.net/projects/tess4j/>
- Il faut importer la bibliothèque dans notre projet :
  - `import net.sourceforge.tess4j.*;`
- Il faut également ajouter les instructions nécessaires pour la reconnaissance des chiffres :
  - `Tesseract instance = Tesseract.getInstance();`

---

<sup>3</sup> <https://sourceforge.net/projects/tess4j/>

- `String result = instance.doOCR(bi); // bi est une BufferedImage contenant la note à reconnaître.`

### 4.3.2. La bibliothèque « UCanAccess »

Pour établir une connexion entre le moteur java et la base de données on a utilisé la bibliothèque « UCanAccess » pour construire un bridge (pont) entre notre application et la base de données. UCanAccess<sup>4</sup> est une implémentation Java JDBC pure qui permet aux développeurs Java et aux programmes clients JDBC de lire / écrire des fichiers de base de données Microsoft Access (.mdb et .accd) [WEB 11].

## 4.4. Présentation de l'application

Dans cette partie nous s'intéressons à la présentation de notre application, son lancement. La figure suivante présente l'interface de notre application, elle s'affiche comme suit : (Figure 4.4):

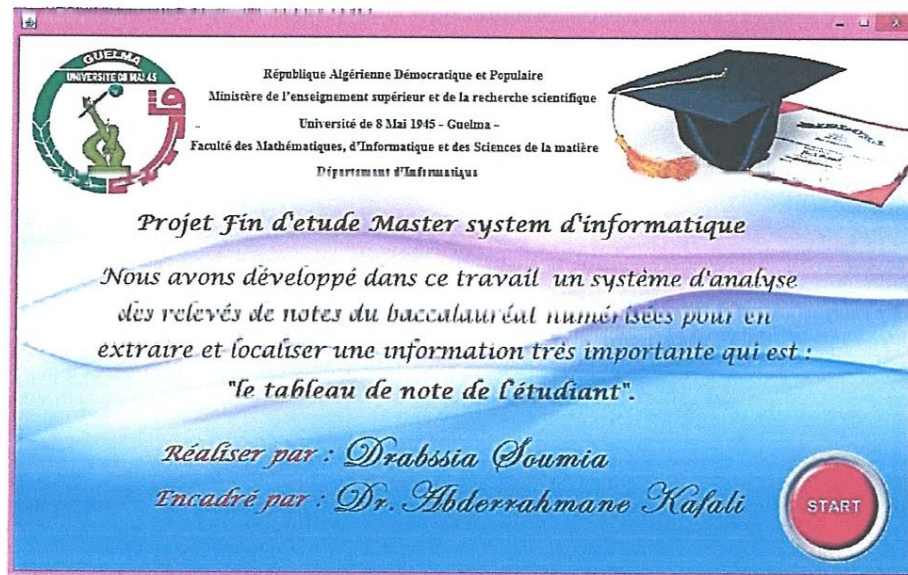


Figure 4.3 : L'interface principale de l'application

En appuyant sur le bouton START, on accède à l'interface suivante (Voir la Figure 4.4):



Figure 4.4 : Fenêtre du choix de l'action à faire.

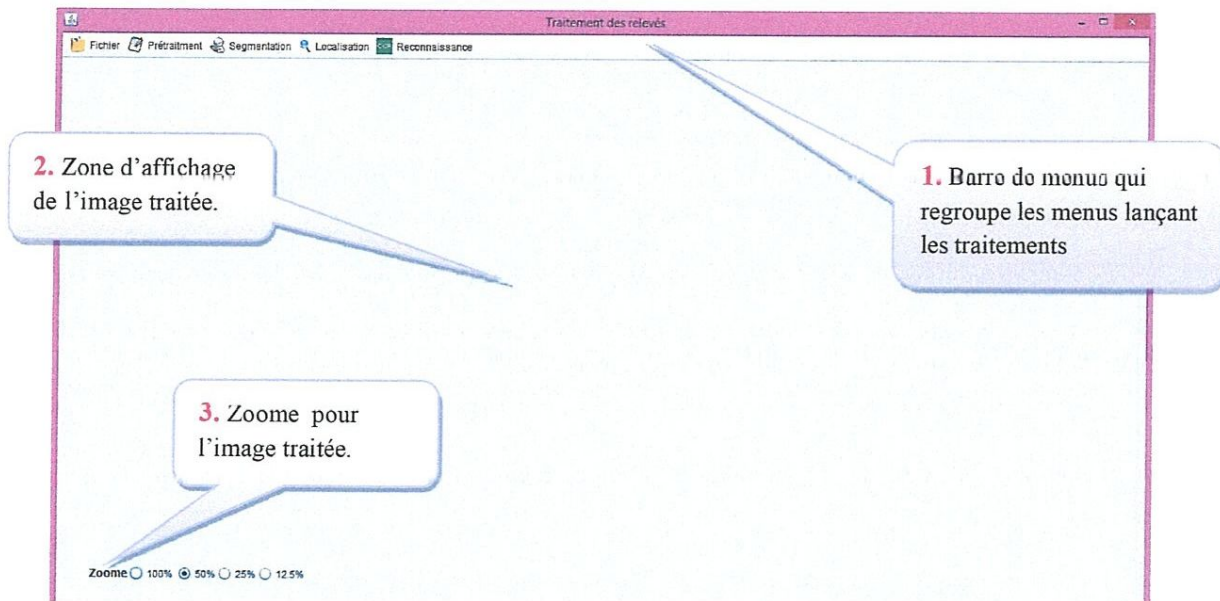
<sup>4</sup> <https://sourceforge.net/projects/ucanaccess/>

Cette interface nous permet d'accéder aux différentes fonctionnalités de l'application en cliquant sur les deux boutons :

- **Bouton Traitement** : pour afficher la fenêtre qui regroupe toutes les traitements sur l'image de relevé de notes.
- **Bouton Recherche** : on l'utilise lorsqu'on veut rechercher si un relevé de notes existe dans la base.

#### 4.4.1. Traitement du relevé de bac

Lorsqu'on appuie sur le bouton « **Traitement** », la fenêtre illustrée par la *Figure 4.5* s'affiche :



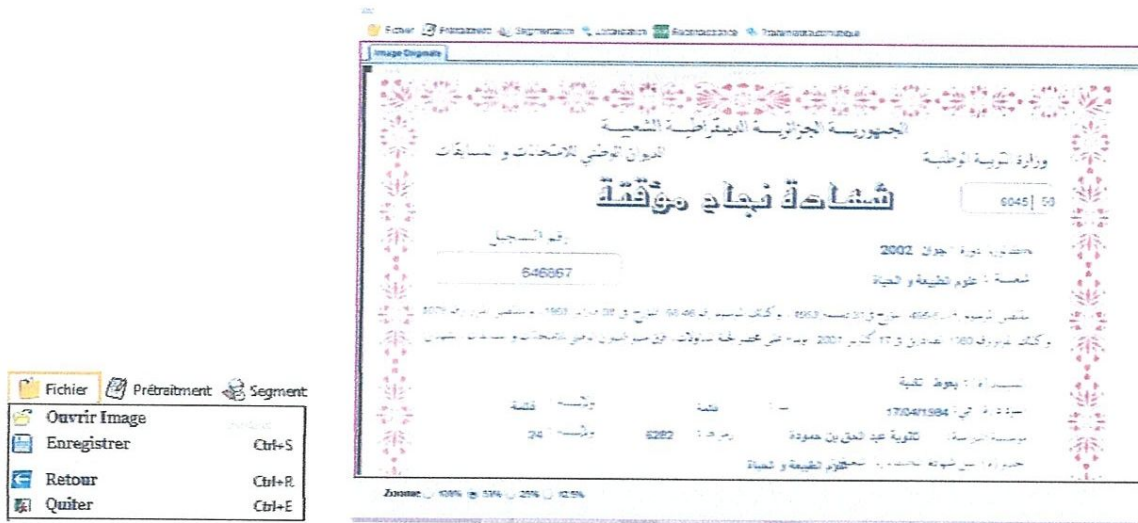
*Figure 4.5 : Interface du traitement de relevés de bac.*

La fenêtre contient les parties suivantes :

1. **Barre de menus** : contient un ensemble des menus du traitement, à savoir les menus : Fichier, Prétraitement, Segmentation, Localisation, et Reconnaissance.
2. **Zone d'affichage de l'image traitée.**
3. **Zoome** : pour contrôler l'affichage de l'image traitée. L'image est affichée à 50% par défaut.

##### 4.4.1.1. Chargement d'une image de relevé de notes

Nous commençons par le chargement de l'image à traiter en cliquant sur « Fichier » puis le bouton « Open image ». Une boîte de dialogue s'affiche nous permettant de sélectionner l'image de relevé à traiter. Cette dernière sera affichée dans la zone d'affichage, comme le montre la figure suivante (*Figure 4.6*) :



(a) Contenu du menu « Fichier ».

(b) résultat après click sur « Ouvrir image ».

Figure 4.6 : Chargement d'une image.

4.4.1.2. Prétraitement des relevés

Le menu « prétraitement » intègre les commandes illustrées par la Figure 4.7 :



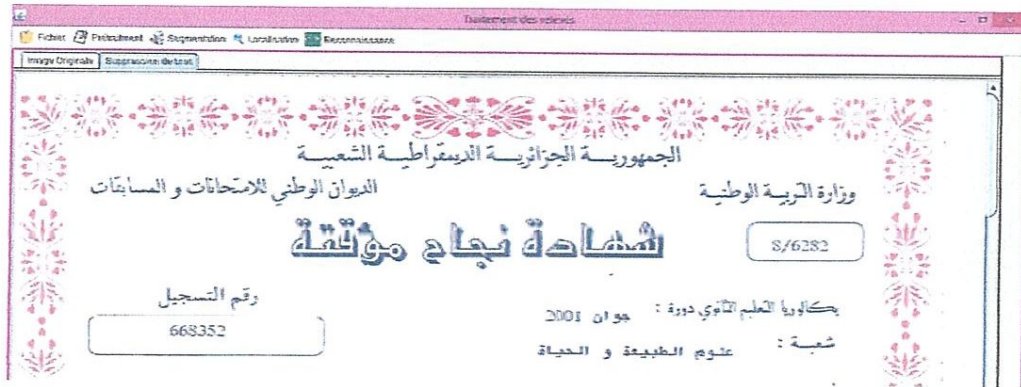
Figure 4.7 : Menu Prétraitement.

a) Détection et élimination de bruit Marginal

Après le chargement de l'image, le premier sous-menu du menu « prétraitement » sera activé qui est «Elimination du bruit Marginal ». Cette commande permet de détecter et de supprimer le bruit marginal de l'image originale. Si le bruit existe, l'image sur laquelle le bruit coloré en bleu s'affiche dans un nouvel onglet intitulé «Détection de bruit » et une boîte de dialogue sera affichée nous demandant si on veut « Supprimer le bruit marginale détecté ?» (Figure 4.8.a). En appuyant sur « Oui », le bruit marginal sera supprimé de l'image originale, et l'image résultante sera affichée dans le même onglet mais le nom de l'onglet va être remplacé par « Suppression de bruit » (Figure.4.8.b).



a) Détection du bruit marginal



b) élimination du bruit marginal

Figure.4.8. : Détection et élimination du bruit marginal.

b) Transformation en niveaux de gris

Après avoir cliqué sur le sous-menu « Transformation en niveaux de gris » qui sera activée après le résultat précédent, ce sous-menu permet de convertir l'image couleur en niveaux de gris, et l'image résultante sera affichée dans un nouvel onglet (Voir la Figure 4.9.) :



Figure.4.9 : Transformation de l'image en niveaux de gris.

c) Binarisation

Après avoir activé le sous-menu « Binarisation », l'image binarisée est affichée dans un nouvel onglet comme le montre la *Figure 4.10*.



Figure 4.10 : Binarisation par la méthode d'Otsu.

d) Correction de l'inclinaison

Lorsque vous cliquez sur le sous-menu « Correction de l'inclinaison », deux cas peuvent se produire. Si l'image est bien orientée, un message indiquant que « l'image est bien orientée » sera affiché, sinon un autre message affichant l'angle d'inclinaison est apparait et le résultat s'affiche dans deux nouveaux onglets ; le premier pour le redressement de l'image en binaire et le deuxième pour le redressement de l'image originale (*Figure 4.11*) :

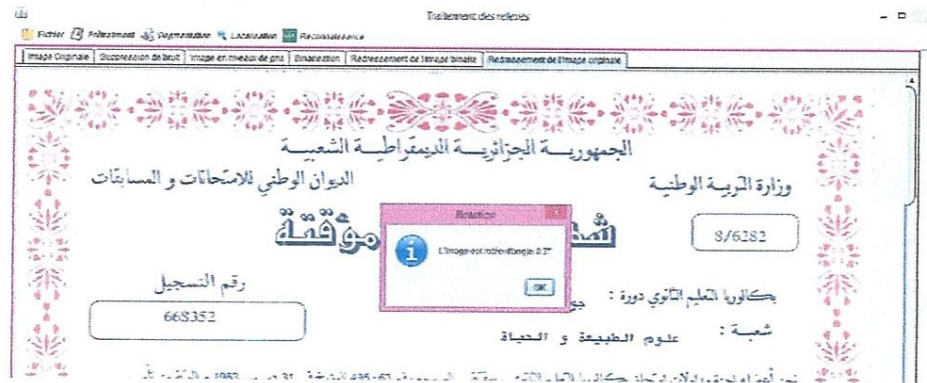


Figure 4.11 : Correction de l'inclinaison du relevé.

e) Lissage

Lorsqu'on clique sur « Lissage », l'image résultante sera affichée dans un nouvel onglet (Voir la *Figure 4.12*).



Figure 4.12 : Lissage de l'image.

4.4.1.3. Segmentation

Le menu « segmentation » regroupe les commandes suivantes (Figure 4.13) :

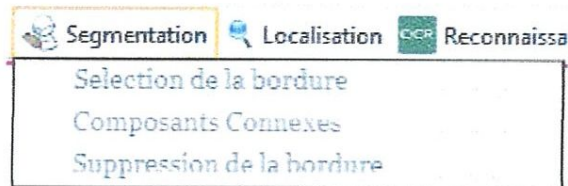


Figure 4.13 : Menu Segmentation.

a) Détection de la bordure

On passe au sous-menu « Sélection de la bordure », qui permet de détecter et sélectionner la bordure du relevé. S'il existe une bordure, le résultat s'affiche dans un nouvel onglet (Figure 4.14) :

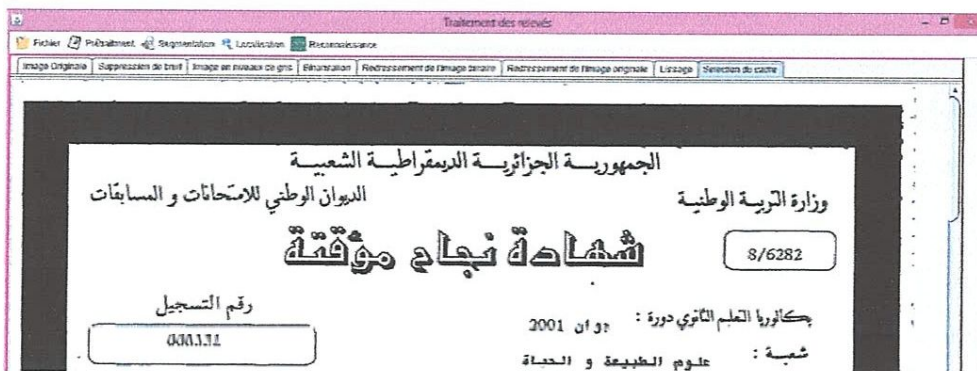


Figure 4.14 : Détection de la bordure.

Sinon, un message va être s'afficher indiquant qu'« Aucun cadre n'est détecté » (Figure 4.15) :





Figure 4.15 : Une image sans bordure.

b) *Etiquetage des composantes connexes*

Lorsqu'on clique sur « Composantes Connexes », les composantes connexes seront étiquetées, chaque composante connexe est affichée par une couleur différente et l'image résultante est affichée dans un nouvel onglet (*Figure 4.16*) :



Figure 4.16 : *Etiquetage des composantes connexes.*

c) *Suppression de la bordure*

En cliquant sur « Suppression de la bordure », la bordure sera éliminée. Le résultat est affiché dans un nouvel onglet comme dans la figure suivante (*Figure 4.17*) :



Figure 4.17 : *Suppression de la bordure.*

4.4.1.4. Localisation des tableaux

Les commandes du menu «Localisation » sont illustrées par la *Figure 4.18*:

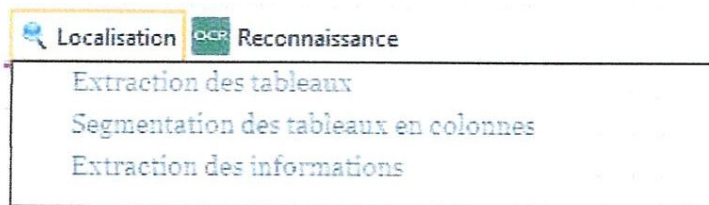


Figure 4.18 : Menu Localisation.

a) Extraction du tableau de notes

En cliquant sur «Extraction des tableaux», les deux tableaux seront sélectionnés ; le cadre en rouge et la surface de chaque tableau en jaune. Voici le résultat (*Figure 4.19*) :

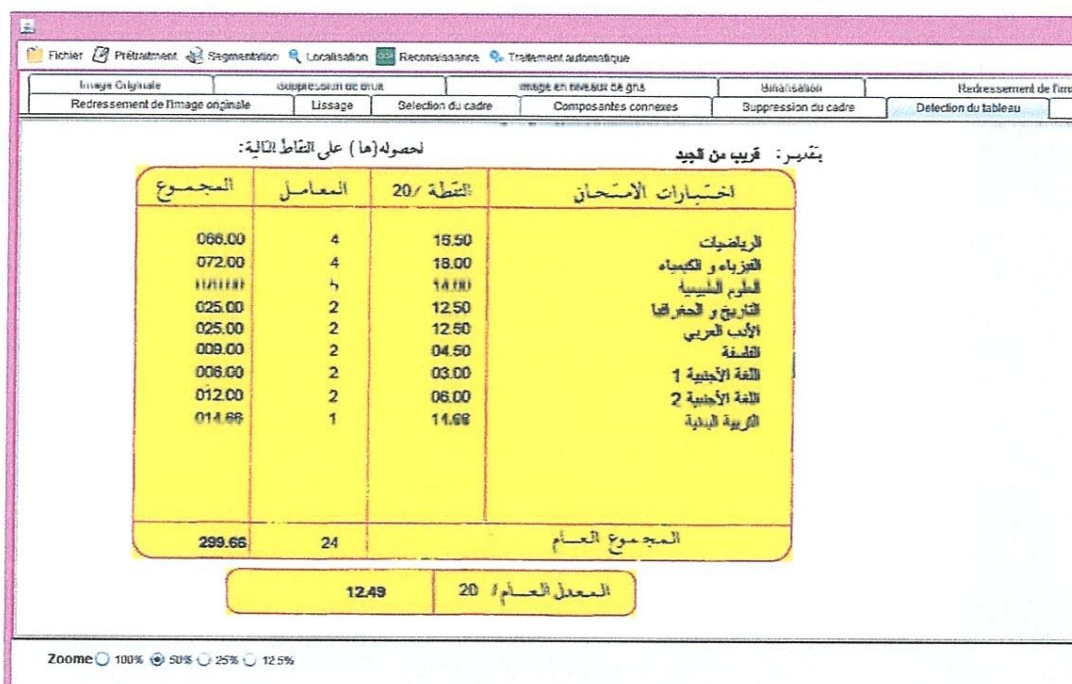


Figure 4.19 : Extraction du tableau de notes et du tableau de la moyenne.

b) Segmentation des tableaux en colonnes

Une fois que la localisation des tableaux soit faite, on procède à la segmentation de ces tableaux en colonnes. Afin de voir l'exécution il faut cliquer sur « Segmentation des tableaux en colonnes », et les colonnes apparaissent en rose. Voici le résultat (*Figure 4.20*) :

المجموع	المعامل	النقطة/20	المادة
084.00	6	14.00	علوم الطبيعة والحياة
062.50	5	12.50	العلوم الفيزيائية
067.50	5	13.50	الرياضيات
031.50	3	10.50	اللغة العربية وآدابها
014.00	2	07.00	فرنسية - لغة أجنبية أولى
019.00	2	09.50	إنجليزية - لغة أجنبية ثانية
015.00	2	07.50	الفلسفة
028.00	2	14.00	التاريخ والجغرافيا
-	2	-	اللغة الأمازيغية
025.00	2	12.50	العلوم الإسلامية
مخى	1	مخى	التربية البدنية والرياضية
346.50	29		المجموع العام
11.95		المعدل العام/20	

Figure 4.20 : Segmentation des tableaux en colonnes.

c) Extraction des notes

La dernière étape dans le processus de localisation est l'extraction des notes et de la moyenne de l'étudiant à partir des colonnes segmentées, et pour voir l'exécution il faut cliquer sur « Extraction des informations ». Chaque information (note, module,...) sera sélectionnée seule (Figure 4.21) :

المجموع	المعامل	النقطة/20	المادة
087.00	6	14.60	علوم الطبيعة والحياة
087.50	5	17.50	العلوم الفيزيائية
087.50	5	17.50	الرياضيات
034.50	3	11.50	اللغة العربية وآدابها
018.00	2	09.00	فرنسية - لغة أجنبية أولى
024.00	2	12.00	إنجليزية - لغة أجنبية ثانية
012.00	2	06.00	الفلسفة
018.00	2	09.00	التاريخ والجغرافيا
-	2	-	اللغة الأمازيغية
032.00	2	16.00	العلوم الإسلامية
020.00	1	20.00	التربية البدنية والرياضية
420.50	30		المجموع العام
14.02		المعدل العام/20	

Figure 4.21 : Extraction des notes.

4.4.1.5. Reconnaissance des deux tableaux : de notes et de la moyenne

La reconnaissance des informations contenues dans les deux tableaux s'effectue à partir d'une nouvelle fenêtre. Ainsi, l'affichage de cette fenêtre se fait en choisissant la

commande « Reconnaissance des informations » du menu « Reconnaissance » (voir la *Figure 4.22*):



*Figure 4.22 : L'interface de la reconnaissance.*

Cette interface comprend quatre boutons de traitement, deux champs de saisis, et un tableau .

- **Bouton Reconnaissance tableaux:** ce bouton fait appel à la bibliothèque « Tess4J » pour procéder à la reconnaissance des informations contenues dans le tableau de notes et extraites précédemment. Les résultats de reconnaissance sous forme de chaînes de caractères s'affichent dans le tableau (1 dans la figure 4.22). Ces informations vont avoir le même ordre que dans relevé original.
- **Bouton Reconnaissance moyenne :** le résultat de reconnaissance qui est la moyenne sous forme d'une chaîne de caractères, sera affichée dans la zone de texte (2 dans la figure 4.22).
- **Bouton Reconnaissance matricule :** qui affiche le matricule après sa reconnaissance sous forme d'une chaîne de caractères dans la zone de texte (3 dans la figure 4.22).
- **Bouton Enregistrer :** permet de stocker les informations dans une base de données Access, avec le couple (matricule, nom de module) comme clé primaire.

En cliquant sur les 3 boutons de reconnaissance, le résultat s'affiche comme dans la *Figure 4.23*:



Figure 4.23 : Reconnaissance de notes, moyenne et matricule.

#### 4.4.2. La recherche

Lorsqu'on appuie sur le bouton « Recherche » dans l'interface principale, la fenêtre illustrée par la figure suivante s'affiche (Figure 4.24):

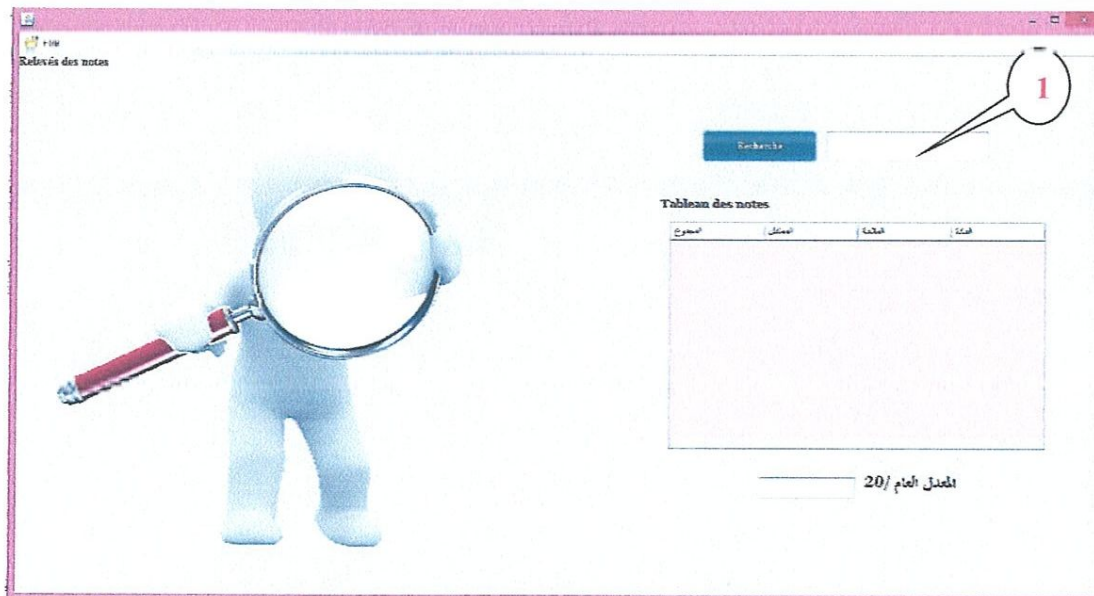


Figure 4.24 : Interface de recherche.

L'interface de recherche permet de faire retourner le relevé correspondant au matricule donné par l'utilisateur dans la zone de texte (1). Après avoir appuyé sur le bouton

«Rechercher», le système cherche dans la base, s'il y a un relevé de notes, tableau de notes et moyenne correspondent au matricule recherché ou pas.

Si le matricule cherché est trouvé dans la base, le système retourne le relevé ainsi que le tableau de notes et la moyenne correspondants. Voici le résultat (*Figure 4.25*) :

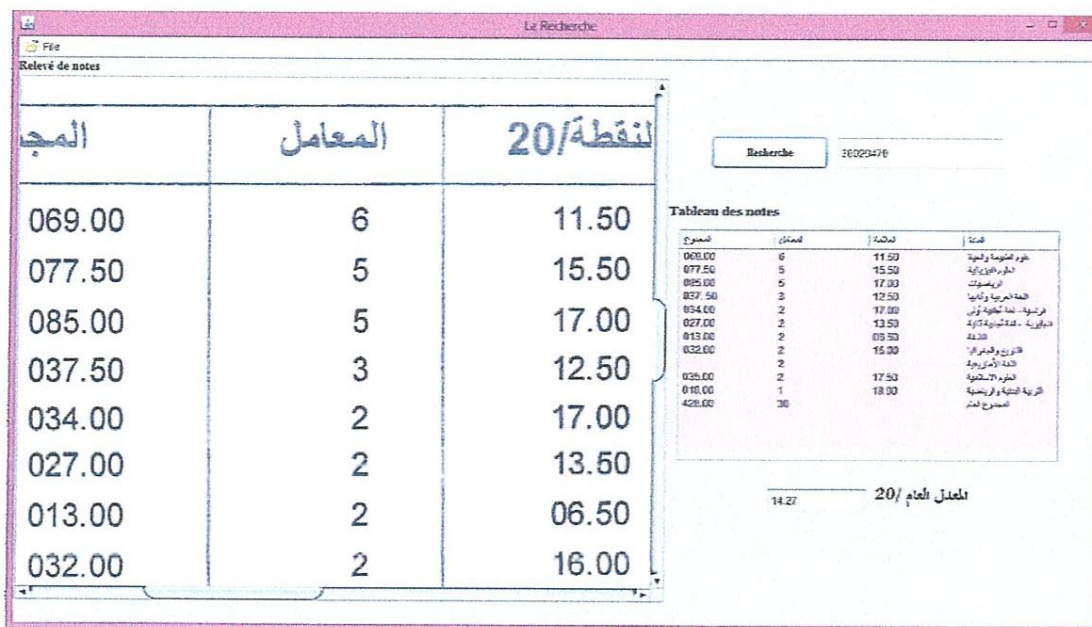


Figure 4.25 : Exemple d'un résultat de recherche.

## 4.5. Expérimentations et résultats

Notre corpus de test est composé de 43 images de relevés depuis bac « 1997 » jusqu'au bac « 2015 ». Les documents de notre corpus de test sont de différentes structures et formats rendant leur traitement et analyse difficiles.

Le système proposé a été appliqué sur les 43 images de relevés de notes du corpus de test en vue d'évaluer ses performances. Les performances sont mesurées en termes de : temps de réponse moyen, taux d'extraction des notes, et taux de reconnaissance des notes détectés.

Les tests ont montré que le temps de réponse varie entre 60 secondes et 90 secondes, et dépend de la taille de l'image et de la structure du relevé (présence de bordure ou pas, présence de bruit...).

Le *tableau 4.1* récapitule les résultats de détection et de reconnaissance pour toutes les images du corpus de test.

Relevé	Nb de notes	Nb de notes bien localisés	Nb de notes bien reconnus	Relevé	Nb de notes	Nb de notes bien localisés	Nb de notes bien reconnus
1-1997	27	0	0	23-2013	34	34	34
2-1998	27	27	27	24-2013	34	34	34
3-2000	30	30	24	25-2013	34	34	34
4-2000	30	18	18	26-2013	34	32	32
5-2001	30	30	29	27-2013	32	32	32
6-2001	27	27	26	28-2013	34	32	32
7-2001	30	30	12	29-2014	34	34	34
8-2002	30	30	30	30-2014	34	34	34
9-2007	27	27	25	31-2014	34	34	34
10-2008	34	34	33	32-2014	34	34	34
11-2009	34	34	33	33-2014	34	33	33
12-2010	34	34	32	34-2014	34	34	32
13-2011	33	32	6	35-2015	34	34	34
14-2011	34	34	30	36-2015	34	34	31
15-2012	34	34	32	37-2015	34	31	31
16-2013	34	34	34	38-2015	34	34	34
17-2013	34	34	34	39-2015	32	32	32
18-2013	34	32	32	40-2015	34	34	34
19-2013	34	34	34	41-2015	34	32	32
20-2013	34	32	32	42-2015	34	33	32
21-2013	34	32	32	43-2015	36	36	8
22-2013	34	34	34	<b>Somme</b>	<b>1411</b>	<b>1354</b>	<b>1256</b>

*Tableau 4.1 : Résultats de détection et de reconnaissance obtenus pour toutes les images.*

A partir du tableau ci-dessous, nous pouvons tirer le taux final de détection et de reconnaissance :

- Le taux de réussite d'extraction des notes est de :  $(1354/1411) \times 100 = 95.96 \%$
- Le taux de reconnaissance des notes bien localisées est de :  $(1256/1354) \times 100 = 92.76 \%$

De même, nous pouvons remarquer que les relevés pour lesquels les notes ont été parfaitement détectées sont en nombre de 31 parmi les 43 relevés testés, un seul relevé pour lequel la localisation des notes est totalement échoué (taux de localisation = 0 %), et pour les

restes des relevés le taux de localisation est au-dessus de la moyenne et dans la plupart des cas plus de 90%.

### Les problèmes concernant la localisation :

En effet, les problèmes de localisation des notes rencontrés dans certains relevés (les relevés « 18-2013, 20-2013, 21-2013, 26-2013 » par exemple) ont été causés par le fait que les notes dans ces relevés et le cadre qui l'entoure sont collés et elles sont considérées donc comme font partie du cadre et pas comme des composantes à part entière. La **Figure 4.26** illustre un exemple de ce cas où deux informations sont colorées en rouge, la même couleur du cadre du tableau de notes.

المجموع	المعامل	النقطة/20	الاسمادة
115.50	7	18.50	تكنولوجيا - هندسة كهربائية
084.00	6	14.00	الرياضيات
072.00	6	12.00	العلوم الفيزيائية
045.00	2	15.00	اللغة العربية وآدابها
025.00	2	12.50	فرنسية - لغة أجنبية أولى
030.00	2	15.00	إنجليزية - لغة أجنبية ثانية
014.00	2	07.00	الفلسفة
023.00	2	11.50	التاريخ والجغرافيا
-	2	-	اللغة الأخرى
031.00	2	15.50	العلوم الإسلامية
019.50	1	19.50	التربية البدنية والرياضية
459.00	33		المجموع العام
13.91		المعدل العام/20	

**Figure 4.26 :** Exemple d'un problème de localisation de notes.

Dans d'autres relevés (les relevés « 1-1997, 13-2011, et 43-2015 » par exemple), la mauvaise localisation est causée par la taille très petite des images de ces relevés. Ainsi, l'application des prétraitements sur ces petites images provoque la suppression de plusieurs composantes (des chiffres, partie du cadre, etc.) et engendre la perte des informations nécessaires à la localisation.

### Les problèmes concernant la reconnaissance:

Comme nous avons vu, dans certains relevés la localisation des notes a été effectuée correctement mais la reconnaissance est échouée ; c'est parce que la bibliothèque utilisée n'a pas pu reconnaître tous les chiffres des notes.

## 4.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la réalisation concrète de notre application, ainsi que la définition des différents outils utilisés au développement de l'application. Après, on a présenté les fenêtres principales de notre application et les différents résultats obtenus pendant l'évaluation de notre application.



*Conclusion générale et  
Perspectives*

## ✓ Conclusion Générale

Dans ce projet de fin d'études, nous nous sommes intéressés au domaine de traitement de l'image et plus particulièrement de traitement et d'analyse d'images de documents. Ainsi, nous nous sommes focalisés sur un type de document particulier, qui est les relevés de notes du Baccalauréat algériens.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'archivage électronique des relevés de notes du baccalauréat. L'objectif était d'analyser les relevés numérisés afin d'en extraire des informations importantes qui sont les notes et la moyenne de l'étudiant, ce qui pourra permettre le partage, la recherche et la réutilisation de ces relevés.

De ce fait, nous avons réalisé un système assez complet intégrant divers traitements et permettant la localisation du tableau de notes et du tableau de la moyenne à partir des relevés de bac de différents styles et formats, dans le but d'offrir une manipulation plus aisée des données : archivage, indexation, recherche, etc.

Grâce aux résultats obtenus, nous pouvons dire que notre système est fiable, ce qui signifie que la méthodologie utilisée pour l'analyse des documents est efficace.

## ✓ Perspectives

Comme perspectives de recherches futures, nous envisageons de :

- Réduire le temps d'exécution. Cela pourrait être fait en utilisant des méthodes de traitement plus légères.
- Développer et tester l'approche sur d'autres types de documents d'image.
- Localisation d'autres zones d'intérêt (nom, prénom, date de naissance, établissement d'enseignement, mention, ...etc.).
- Développement d'un module de reconnaissance de chiffres et des mots arabes et l'intégrer dans notre système
- Etendre l'application développée à la reconnaissance de la structure complète des relevés de notes.
- Nous pourrions également améliorer le processus de reconnaissance des notes en intégrant des règles de vérification dès les notes reconnues.
- Conception d'un réel système d'indexation et recherche des informations sur les étudiants.

# *Bibliographie*

- [ABB 09] Abbassi R, Abomo CH, Bouzidi S, Dinomais L, Longuet S, Rakipi V, Sarenac D. (2009). L'archivage électronique. Disponible en ligne à l'adresse : [https://francearchives.fr/file/61df0ca72ea04bb87ebc59a3583324ee7dfcb4db/static\\_2997.pdf](https://francearchives.fr/file/61df0ca72ea04bb87ebc59a3583324ee7dfcb4db/static_2997.pdf).
- [AUG 12] Augereau, O., Journet, N., & Domenger, J. P. (2012, March). Reconnaissance et Extraction de Pièces d'identité. In Colloque International Francophone sur l'Écrit et le Document (pp. 179-194).
- [BAC 98] Bachimont, B. (1998). Bibliothèques numériques audiovisuelles : des enjeux scientifiques et techniques. Document numérique, 2(3-4).
- [BAS 89] Basseville, M. (1989). Distance measures for signal processing and pattern recognition. Signal Processing 18(4), 349–369.
- [BAY 08] Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., & Van Gool, L. (2008). Speeded-up robust features (SURF). Computer vision and image understanding, 110(3), 346-359.
- [BEL 92] Belaïd, A., & Belaïd, Y. (1992). Reconnaissance des formes : méthodes et applications (p. 429). InterEditions.
- [BEL 94] Belaïd, A. (1994). Analyse et reconnaissance de documents. In *Le traitement électronique du document*. Chapitre 2 (pp. 11–47). ADBS Editions. Paris (France).
- [BOU 08] Boulchmi, H., Seddik, B., Kricha, A., & Amara, N. E. B. (2008, October). Prétraitement de documents anciens. In Colloque International Francophone sur l'Écrit et le Document (pp. 209-210). Groupe de Recherche en Communication Ecrite.
- [BOU 13] Roumaïza, A. (2013). Reconnaissance et Localisation de Symboles dans les Documents Graphiques: Approches basées sur le Treillis de Concepts (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- [CES 02] Cesarini, F., Marinai, S., Sarti, L., & Soda, G. (2002). Trainable table location in document images. In Pattern Recognition, 2002. Proceedings. 16th International Conference on (Vol. 3, pp. 236-240). IEEE.
- [CHA 06] Chatelain, C. (2006). Extraction de séquences numériques dans des documents manuscrits quelconques (Doctoral dissertation, Université de Rouen).
- [COU 14] Coüasnon, B., & Lemaitre, A. (2014). Recognition of tables and forms. In Handbook of Document Image Processing and Recognition (pp. 647-677). Springer London.
- [DAS 98] Das, A. K., & Chanda, B. (1998). Detection of tables and headings from document image: A morphological approach. In International Conf. on Computational linguistics, Speech and Document Processing (ICCLSDP'98); Feb. 18–20, Calcutta, India (pp. A57-A64).
- [EIT 04] Eiterer, L. F., Facon, J., & Menoti, D. (2004, October). Postal envelope address block location by fractal-based approach. In Computer Graphics and Image Processing, 2004. Proceedings. 17th Brazilian Symposium on (pp. 90-97). IEEE.
- [EMB 06] Embley, D. W., Hurst, M., Lopresti, D., & Nagy, G. (2006). Table-processing paradigms: a research survey. International Journal of Document Analysis and Recognition (IJ DAR), 8(2-3), 66-86.

- [NIC 06] Nicolas, S., Paquet, T., & Heutte, L. (2006, September). Extraction de la structure de documents manuscrits complexes à l'aide de champs Markoviens. In Actes du 9ème Colloque International Francophone sur l'Écrit et le Document (pp. 13-18). SDN06.
- [ORI 95] Oriot, J. C., Barba, D., & Gilloux, M. (1995). Localisation du bloc adresse sur les objets postaux par une méthode de segmentation ascendante: évaluation et optimisation. *Traitement du Signal*, 12(2).
- [OTS 79] Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 9(1), 62-66.
- [QUI 94] Quint, V. (1994). Edition de documents structurés. - In *Le traitement électronique du document* (pp 11-47). ADBS Editions, Paris (France).
- [RAM 03] Ramel, J. Y., Crucianu, M., Vincent, N., & Faure, C. (2003, August). Detection, extraction and representation of tables. In Document Analysis and Recognition, 2003. Proceedings. Seventh International Conference on (pp. 374-378). IEEE.
- [SAY 73] Sayre, K. M. (1973). Machine recognition of handwritten words: A project report. *Pattern recognition*, 5(3), 213-228.
- [SOU 05] Souafi-Bensafi, S., Emptoz, H., LEBOURGEOIS, F., & Parizeau, M. (2005) 02- Une approche probabiliste pour la reconnaissance des sommaires.
- [TAB 07] Tabbone, S., & Zuwala, D. (2007, September). An indexing method for graphical documents. In Document Analysis and Recognition, 2007. ICDAR 2007. Ninth International Conference on (Vol. 2, pp. 789-793). IEEE.
- [TAP 17] Tapsoba, L. (2017). *La contribution des projets de gestion électronique des documents (GED) à la performance organisationnelle de Ouagadougou(CAO)* (Doctoral dissertation, université aube nouvelle).
- [TER 98] Tersteegen, W., & Wenzel, C. L. A. U. D. I. A. (1998, November). Scantab: Table recognition by reference tables. In Proc. Third Workshop on Document Analysis Systems, Nagano, Japan.
- [TRA 16] Tran, T. A., Tran, H. T., Na, I. S., Lee, G. S., Yang, H. J., & Kim, S. H. (2016). A mixture model using Random Rotation Bounding Box to detect table region in document image. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 39, 196-208.
- [TRU 05] Trupin, É. (2005). 01-La reconnaissance d'images de documents: Un panorama.
- [TSU 01] Tsuruoka, S., Takao, K., Tanaka, T., Yoshikawa, T., & Shinogi, T. (2001). Region segmentation for table image with unknown complex structure. In Document Analysis and Recognition, 2001. Proceedings Sixth International Conference on (pp. 709-713) IEEE.
- [WAN 04] Wang, Y., Phillips, I. T., & Haralick, R. M. (2004). Table structure understanding and its performance evaluation. *Pattern recognition*, 37(7), 1479-1497.
- [WAT 95] Watanabe, T., Luo, Q., & Sugie, N. (1995). Layout recognition of multi-kinds of table-form documents. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 17(4), 432-445.
- [WIL 97] Wilson, D. L., Baddeley, A. J., & Owens, R. A. (1997). A new metric for greyscale image comparison. *International Journal of Computer Vision*, 24(1), 5-17.

- [WON 82] Wong, K. Y., Casey, R. G., & Wahl, F. M. (1982). Document analysis system. IBM journal of research and development, 26(6), 647-656.
- [YOU 14] Youssef, M. M. S., Mallet, C., Chehata, N., Le Bris, A., & Gressin, A. (2014, June). Détection de bâtiments à partir d'une image satellitaire par combinaison d'approches ascendante et descendante. In Reconnaissance de Formes et Intelligence Artificielle (RFIA) 2014.
- [ZUW 06] Zuwala, D., & Tabbone, S. (2006, September). Une méthode de localisation et de reconnaissance de symboles sans connaissance a priori. In Actes du 9ème Colloque International Francophone sur l'Écrit et le Document-CIFED 2006 (pp. 127-131). SDN06.
- [WEB 1] <http://www.unige.ch/cyberdocuments/didacticiel/unite1/module2.html>, Consulté le 19/11/2017.
- [WEB 2] <http://morpheo.inrialpes.fr/people/Boyer/Teaching/M2PGI/c2.pdf> . Consulté le 22/11/2017.
- [WEB 3] <http://dictionnaire.reverso.net/francais-definition/document+papier> , Consulté le 22/11/2017.
- [WEB 4] <http://www.precisement.org/blog/Papier-contre-numerique-ou-papier-avec-numerique.html> » (Consulté le 22/11/2017).
- [WEB 5] <https://www.mathworks.com/matlabcentral/answers/169476-please-give-me-an-idea-for-enhance-the-left-image-image-1-like-image-2-i-tried-contrast-enhance?RequestedDomain=www.mathworks.com> , Consulté le 26/11/2017 .
- [WEB 6] <http://lesdefinitions.fr/localisation>, Consulté le 25/12/2017.
- [WEB 7] [http://fr.unionpedia.org/i/D%C3%A9tection\\_de\\_zones\\_d'int%C3%A9r%C3%AAt](http://fr.unionpedia.org/i/D%C3%A9tection_de_zones_d'int%C3%A9r%C3%AAt), Consulté le 26/12/2017.
- [WEB 8] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Java\\_%28langage%29](https://fr.wikipedia.org/wiki/Java_%28langage%29) » , Consulté le 18/05/2018).
- [WEB 9] <https://fr.wikipedia.org/wiki/NetBeans>, Consulté le 18/05/2018.
- [WEB 10] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Access/](https://fr.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Access/) » , Consulté le 18/05/2018.
- [WEB 11] <https://sourceforge.net/projects/ucanaccess/>», Consulté le 03/06/2018.
- [WEB 12] [http://www.01net.com/telecharger/windows/Programmation/cr%C3%A9ation\\_fichiers/145155.html](http://www.01net.com/telecharger/windows/Programmation/cr%C3%A9ation_fichiers/145155.html), Consulté le 04/06/2018.
- [WEB 13] <http://www.olivier-augereau.com/blog/?p=15>, Consulté le 28/05/2018.