

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 : Science et technologie de l'information et de la communication

Thème _____

**Intégration d'une Solution de Reconnaissance d'Images pour la
Gestion des Identités chez Djezzy**

Présenté par : BECHIRI Mohamed yacine

Membres de jury :

N	Nom	Qualité
1	Houda TADJER	Président
2	Brahim FAROU	Encadrant
3	Redhouane CHAIERE et Mehdi SAHNOUNI	Promoteurs de stage
4	Yamina BORDJIBA	Examineur

Juin 2023

Dédicace

“

À MES CHERS PARENTS

pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières.

À MES FRÈRES ET SŒURS

pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

À MA FAMILLE

pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

”

Remerciement

C'est avec un grand plaisir que je présente ce modeste travail à tous ceux qui nous ont gratifié de leur soutien et de leur confiance.

Louange à dieu, qui m'a donné vie et santé pour le parachèvement de ce travail. Je voudrais également exprimer ma profonde gratitude à :

Pr.Farou Brahim , pour la confiance qu'il a placée en moi en acceptant de superviser ce travail, ainsi que pour le temps qu'il a consacré et les compétences et conseils précieux qu'il a mis à ma disposition, ce qui m'a permis d'approfondir ma compréhension du sujet.

Tous les enseignants du département Informatique Guelma , qui ont été présents depuis mes débuts et qui m'ont prodigué de précieux conseils.

Mr.Redhouane chaiere, pour ses compliments chaleureux. Sa générosité envers moi et ses paroles aimables ont été une source de motivation et d'inspiration. Sa reconnaissance de mes efforts et de mes qualités est extrêmement gratifiante et me pousse à continuer à donner le meilleur de moi-même.

Mr.Mehdi Hocine SAHNOUNI, pour ses compliments sincères. Sa bienveillance à mon égard et ses paroles encourageantes qui ont été une véritable source de motivation et d'inspiration.

Toute l'équipe IT de Djezzy, pour la confiance qu'ils m'ont accordée. Leur soutien et les dispositifs qu'ils ont mis en place ont grandement facilité la réalisation de ce travail. Leur accueil chaleureux et leur collaboration ont joué un rôle essentiel dans le succès de ce projet.

Tous mes amis, pour leur présence dans ma vie, apportant joie, soutien et amitié sincère.

Toutes les personnes qui nous ayant aidé et soutenu de près ou de loin tout le long de ce travail .

RÉSUMÉ

En général, les entreprises qui interagissent avec leurs clients doivent posséder des bases de données clients fiables. Dans le secteur des télécommunications, cette exigence revêt une importance encore plus grande en raison de la réglementation de l'ARPCE (Autorité de régulation des communications électroniques). L'ARPCE établit des directives précises concernant la gestion des bases de données clients afin d'assurer leur exactitude et leur intégrité. Ainsi, les entreprises de télécommunications doivent être particulièrement rigoureuses dans la gestion de leurs bases de données clients pour se conformer aux réglementations en vigueur et garantir des interactions efficaces et conformes avec leur clientèle.

Pour répondre à ces exigences, Djezzy a mis en place des procédures d'analyse des informations clients. Ces vérifications permettent de détecter diverses incohérences et de les corriger en prenant des mesures appropriées. En réalisant des analyses approfondies des données clients, Djezzy vise à identifier toute incohérence ou erreur, afin de les rectifier. Cette approche proactive assure l'exactitude et la fiabilité des informations clients contenues dans leurs bases de données, permettant ainsi à Djezzy de maintenir des normes élevées en matière de qualité des données et de se conformer aux directives réglementaires établies par l'ARPCE.

L'objectif de ce projet est de développer et de mettre en place un système de reconnaissance optique de caractères à partir des contrats des clients abonnés à Djezzy.

Ce système permettra d'extraire des informations personnelles telles que le nom, le prénom, la date de naissance, etc. Ces informations seront ensuite exportées dans un fichier SQL, facilitant ainsi leur utilisation dans d'autres systèmes pour la comparaison et la mise à jour des bases de données.

Mots clés : OCR, Reconnaissance, Segmentation, Classification, RANSAC, FLANN, SIFT, SURF, MRZ.

ABSTRACT

In general, companies that interact with their customers must have reliable customer databases. In the telecommunications sector, this requirement takes on an even greater importance due to the regulations of the ARPCE (Authority for the regulation of electronic communications). The ARPCE establishes specific directives concerning the management of customer databases in order to ensure their accuracy and integrity. Thus, telecommunications companies must be particularly rigorous in the management of their customer databases to comply with the regulations in force and guarantee efficient and compliant interactions with their customers.

To meet these requirements, Djazzy has implemented customer information analysis procedures. These checks make it possible to detect various inconsistencies and to correct them by taking appropriate measures. By carrying out in-depth analyzes of customer data, Djazzy aims to identify any inconsistencies or errors, in order to rectify them. This proactive approach ensures the accuracy and reliability of customer information contained in their databases, allowing Djazzy to maintain high data quality standards and comply with regulatory guidelines established by ARPCE.

The objective of this project is to develop and implement an optical character recognition system from the contracts of customers who subscribe to Djazzy. This system will extract personal information such as name, surname, date of birth, etc. This

information will then be exported to an SQL file, making it easier to use in other systems for comparing and updating databases.

Keywords : OCR, Recognition, Segmentation, Classification, RANSAC, FLANN, SIFT, SURF, MRZ.

ملخص

عمومًا، يجب أن تمتلك الشركات التي تتفاعل مع عملائها قواعد بيانات عملاء موثوقة. في قطاع الاتصالات، تكتسب هذه (ARPCE). المتطلبات أهمية أكبر نظرًا للتشريعات التي تضعها الهيئة العامة لتنظيم الاتصالات الإلكترونية

حيث تفرض هذه الهيئة توجيهات محددة تتعلق بإدارة قواعد بيانات العملاء لضمان دقتها وسلامتها. وبالتالي، يجب على شركات الاتصالات أن تكون دقيقة للغاية في إدارة قواعد بيانات عملائها للامتثال للتشريعات السارية وضمان تفاعلات فعالة والمطابقة مع عملائها.

لتلبية هذه المتطلبات، قامت جازي بتنفيذ إجراءات تحليل معلومات العملاء. تساعد هذه الفحوصات على اكتشاف التناقضات المختلفة وتصحيحها من خلال اتخاذ التدابير المناسبة. بتنفيذ تحليل شامل لبيانات العملاء، تهدف جازي إلى تحديد أي تناقضات أو أخطاء قد تكون موجودة وإصلاحها. يضمن هذا النهج الاستباقي دقة وموثوقية المعلومات الخاصة بالعملاء المحتواة في قواعد البيانات، مما يسمح لجازي بالحفاظ على معايير جودة البيانات العالية والامتثال للتوجيهات التنظيمية التي وضعتها هيئة المراقبة.

هدف هذا المشروع هو تطوير وتنفيذ نظام للتعرف الضوئي على الحروف من عقود العملاء الذين يشتركون في خدمة جازي. سيقوم هذا النظام بأخذ المعلومات الشخصية مثل الاسم العائلي والاسم الشخصي- وتاريخ الميلاد، وما إلى ذلك من العقود، وسيقوم بتصدير هذه المعلومات إلى قواعد بيانات جديدة لتسهيل استخدامها في أنظمة أخرى لمقارنة وتحديث قواعد البيانات الحالية.

الكلمات الرئيسية : OCR، التعرف، التجزئة، التصنيف، RANSAC، FLANN، SIFT، SURF، MRZ

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	i
Liste des figures	x
Liste des tableaux	xi
Liste des symboles	xii
Introduction générale	1
Chapitre 1: Présentation de l'organisme d'accueil	3
1.1 Présentation de l'organisme d'accueil	3
1.2 Vision de Djezzy	4
1.3 Missions de Djezzy	5
1.4 Transformation digitale	6
1.5 Organisation de Djezzy	6
1.6 Département d'accueil	7
1.7 Les defis de djezzy	9
1.8 Conclusion	11

Chapitre 2: État de l'art	12
2.1 Introduction	12
2.2 La reconnaissance optique de caractères (OCR)	12
2.3 Différents aspects de l'OCR	13
2.4 La reconnaissance en ligne (on-line)	14
2.5 La reconnaissance hors-ligne (off-line)	15
2.6 Domaine d'application d'un OCR	15
2.7 Les étapes clés d'un système OCR	16
2.7.1 Acquisition de l'image	17
2.7.2 Prétraitement	17
2.7.3 Segmentation	17
Segmentation basée sur les seuils	18
Segmentation basée sur les contours	18
Segmentation hiérarchique	18
Segmentation basée sur la combinaison de méthodes	18
2.7.4 Extraction des régions d'intérêt	19
2.7.5 Extraction de caractéristiques	19
2.7.6 Reconnaissance	19
2.7.7 Post-traitement	20
2.7.8 Types des erreurs	20
Erreurs de segmentation	20
Erreurs de reconnaissance de caractères	20
Erreurs de reconnaissance de mots	21
2.8 Méthodes et techniques d'extraction de données à partir d'images	22
2.9 Conclusion	24
Chapitre 3: Système d'extraction des données à partir d'une pièce d'identité	26
3.1 Introduction	26
3.2 Description de la base de données utilisée pour l'étude	26

3.2.1	Structure des documents des clients	27
3.3	Processus d'acquisition	28
3.3.1	Utilisation d'un scanner	28
3.3.2	Utilisation d'un smartphne :	29
3.4	Architecture globale du système	30
3.4.1	Préparation des données	30
	Collection des documents	31
	Conversion du document PDF en image	31
	Détection de la pièce dans l'image	32
3.4.2	Classification des documents	33
	La reconnaissance de la pièce	33
3.4.3	Vérification des résultats	56
3.5	conclusion	56
Chapitre 4: Tests, résultats et interprétation		57
4.1	Introduction	57
4.2	Paramétrage	57
4.3	Outils Matériels	59
4.4	Outils logiciels	59
4.4.1	Environnement de développement	59
	JupyterLab	59
	Visual Studio Code	59
	Python	60
	TensorFlow	60
4.4.2	Description des bibliothèques utilisées	61
	OpenCV	61
	Numpy	61
	Tesseract	62
4.5	La base de données	62

4.6	Les Métriques	62
4.7	Résultats Qualitatifs	64
4.7.1	La reconnaissance	64
4.7.2	Les transformations géométriques	65
4.8	Résultats Quantitatifs	67
4.9	Interprétation des résultats	68
4.10	Conclusion	69
	Conclusion générale	70
	Bibliographie	72

TABLE DES FIGURES

1.1	Logo de Djezzy	4
1.2	L'organigramme de Djezzy	8
2.1	Fusion horizontale des régions.	20
2.2	F : Différents cas d'erreurs de reconnaissance possibles sur le mot « Château »	21
3.1	Architecture globale du système	31
3.2	Deviseur et convertisseur de PDF	32
3.3	Processus de classification	34
3.4	Image Modèle (Ancienne carte)	35
3.5	image Modèle(Carte biométrique)	35
3.6	Principe du descripteur SIFT	37
3.7	Détection et description des points d'intérêt (carte biométrique)	37
3.8	Détection et description des points d'intérêt (ancienne carte)	38
3.9	Mise en correspondance	38
3.10	Exemple de fonctionnement de l'arbre KD	39
3.11	Exemple de Mise en correspondance	40
3.12	Le principe fondamental de RANSAC	42
3.13	Prétraitements	44

3.14	Conversion en niveaux de gris	45
3.15	Appllication du flou de Gaussien	46
3.16	Appllication de Hlack hat	47
3.17	Résultat de l'application Sobel	48
3.18	Résultat des opérations morphologiques	49
3.19	Detection de la région d'intérêt	50
3.20	Extraction de la région d'intérêt	51
3.21	Localisation du numéro d'identification nationale dans l'ancienne carte d'identité	52
3.22	Description de l'OCR	53
3.23	Description de MRZ	54
3.24	Resultats	55
3.25	Stockage des résultats dans une Table SQL	55

LISTE DES TABLEAUX

4.1	Tableau des paramètres utilisés dans les tests	58
4.2	Description de l'ensemble de données	62
4.3	Résultats de la reconnaissance	64
4.4	Résultats des transformations géométriques sur deux pièces en même temps	65
4.5	Résultats des transformations géométriques sur différents types de bruits	67
4.6	Résultats de la reconnaissance	68
4.7	Résultats de l'extraction	68

LISTE DES SYMBOLES

OCR : Optical Character Recognition .

SIFT : Scale-Invariant Feature Transform .

SURF : Speeded-Up Robust Features.

KNN : K-Nearest Neighbors .

FLANN : Fast Library for Approximate Nearest Neighbors .

RANSAC : Random Sample Consensus .

MRZ : Machine Readable Zone .

TP : True Positive .

TN : True Negative .

FP : False Positive .

ROI : Region of Interest .

ARPCE : Autorité de Régulation de la Poste et des Communications Électroniques

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Contexte général

Depuis plusieurs années, les entreprises sont engagées dans une démarche de transformation digitale, c'est-à-dire qu'elles choisissent principalement de s'appuyer sur des technologies en mesure de les aider à booster leur efficacité tout en maîtrisant leurs dépenses. Grâce à elles, elles bénéficient aujourd'hui d'un volume de données non structurées exponentiel, mais encore faut-il être capables de les exploiter. Leur problématique actuelle est de trouver un moyen d'avoir accès à ces données, de les sécuriser et d'optimiser leur analyse et leur exploitation.

Problématique

Chaque entreprise numérique possède une vaste quantité de données stockées sous divers formats, tels que les bases de données, les fichiers plats, les vidéos et les images.

Disposer d'une base de données fiable sur les renseignements des clients et dans le but de détecter les différentes incohérences de saisie entre le système opérationnel et les documents physiques scannés (carte nationale biométrique, carte nationale classique, permis de conduire classique, permis de conduire biométrique et passeport) en

matière d'identification (nom, prénom, date de naissance, numéro d'identifiant,) et pour ce ceci il faut une solution puissante pour faire reconnaître la pièce et extraire les informations utiles à partir de fichiers PDF, Images relatifs aux documents d'identification scannés dans ses systèmes.

Contribution

À partir de ce problème, l'intégration des techniques de traitement d'images avec un moteur OCR peut être employée comme une solution efficace pour extraire des informations à partir de différents fichiers. Ce processus débute par la conversion des fichiers en images, suivi par la phase de détection et de reconnaissance des éléments, ainsi que le prétraitement. De plus, la reconnaissance optique de caractères (OCR) est réalisée afin de reconnaître le texte présent dans les images. L'OCR possède la capacité de reconnaître automatiquement différents types d'écritures grâce à un mécanisme bien précis.

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres précédé par une introduction générale et terminé par une conclusion générale et quelques perspectives :

Le premier chapitre « **Présentation de l'organisme d'accueil** » décrit l'entreprise ses missions, sa vision ainsi que son rôle.

Le deuxième chapitre « **État de l'art** » décrit les systèmes OCR d'une manière générale. Les différents types de reconnaissance et enfin les différentes étapes d'un système OCR.

Le troisième chapitre « **Systeme d'extraction des données à partir d'une pièce d'identité** » Ce chapitre propose une description détaillée du système proposé.

Le quatrième chapitre « **Tests, Résultats et interprétation** » à travers ce chapitre, nous avons pu tester et interpréter les résultats obtenus.

CHAPITRE 1

PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

1.1 Présentation de l'organisme d'accueil

Djezzy officiellement Optimum Telecom Algérie, opérateur de télécommunications algériennes a été créé en juillet 2001. Leader dans le domaine de la téléphonie mobile, avec 14,59 millions d'abonnés en 2021, l'entreprise fournit une vaste gamme de services tels que le prépayés, le post-payé, le Data ainsi que les services à valeur ajoutée et le SUT. En janvier 2022, le Fonds National d'Investissement (FNI) prend le contrôle de 100% du capital de l'entreprise[Ess21]. Aujourd'hui, le réseau 4G de Djezzy couvre plus de 37% de la population.

Djezzy est engagée dans un processus de transformation pour devenir l'opérateur numérique de référence en Algérie et permettre aux clients de naviguer dans le monde digital. L'entreprise est dirigée par MAHIEDDINE ALLOUCHE, Directeur Général par intérim.

Djezzy est une entreprise de communication et de technologie internationale guidée par une vision construite sur des racines entrepreneuriales et dont les valeurs sont basées sur la satisfaction du client, l'innovation, le partenariat et la droiture [Ess21]. L'entreprise a obtenu la licence 2G le 30 juillet 2001, la 3G dans le 2 décembre 2013 et

enfin la licence dans le 4 septembre 2016.



FIGURE 1.1 – Logo de Djezzy

1.2 Vision de Djezzy

Djezzy aspire à devenir le leader du marché des télécommunications en Algérie en proposant des services de qualité et en répondant aux besoins de communication de sa clientèle. L'entreprise se concentre sur l'amélioration continue de son réseau, de sa couverture et de la qualité de ses services afin d'offrir une expérience client optimale.

En parallèle, Djezzy s'investit activement dans le développement de l'écosystème numérique en Algérie. Elle soutient l'innovation technologique, encourage l'adoption des services mobiles et vise à promouvoir l'accès à Internet dans tout le pays. Son objectif est de jouer un rôle clé dans la transformation numérique de l'Algérie en proposant des services et des solutions adaptés aux besoins des consommateurs et des entreprises.

Djezzy est également consciente de son rôle social et s'engage à contribuer au développement socio-économique de l'Algérie. L'entreprise participe à des initiatives de responsabilité sociale en soutenant des projets éducatifs, culturels et environnementaux, tout en créant des opportunités d'emploi pour les jeunes.

1.3 Missions de Djezzy

Djezzy s'engage fermement à réaliser sa vision en adoptant les mesures suivantes :

- Offrir des produits de la plus haute qualité à des prix compétitifs, assurant ainsi la satisfaction de sa clientèle.
- Investir dans une infrastructure de pointe pour garantir une connectivité fiable et performante à travers le pays.
- Créer un environnement de travail et de développement exceptionnel pour ses employés, favorisant leur épanouissement professionnel et personnel.
- Contribuer activement au bien-être de la population algérienne en fournissant des services qui répondent à leurs besoins de communication et en soutenant des initiatives sociales.
- Valoriser les actionnaires en optimisant les opérations et en veillant à un contrôle rigoureux des coûts.
- Mettre en œuvre de manière stricte une politique environnementale visant à minimiser l'impact écologique de ses activités.
- Améliorer continuellement ses processus internes afin de se conformer aux normes de qualité les plus élevées définies dans sa politique qualité.

En adoptant ces mesures, Djezzy vise à se positionner en tant que leader incontesté du marché des télécommunications en Algérie, en offrant des produits et services de premier ordre, en créant de la valeur pour ses parties prenantes et en contribuant positivement au progrès et au développement du pays.

1.4 Transformation digitale

La transformation digitale, parfois appelée transformation numérique, désigne le processus qui consiste, pour une organisation, à intégrer pleinement les technologies digitales dans l'ensemble de ses activités [FT14]. Djezzy a entamé en 2015 un programme de transformation digitale, ce programme est l'issue d'un accord FNI-VimpelCom dans le but de devenir un véritable pionnier de la digitale en Algérie. Ce programme a plusieurs objectifs, à savoir :

- Rationaliser les ressources (humaines et matérielles) en centralisant l'information et les systèmes informatiques.
- Réduire les coûts en externalisant certains services techniques.
- Se positionner dans le monde numérique en proposant de nouveaux services.
- Profitez des opportunités offertes par les nouvelles technologies telles que le big data.
- Maintenir les employés dans des conditions de travail optimales pour augmenter la productivité.

1.5 Organisation de Djezzy

La structure organisationnelle de Djezzy comprend plusieurs départements et fonctions clés qui travaillent ensemble pour assurer le bon fonctionnement de l'entreprise.

Direction générale : La direction générale est responsable de la vision stratégique de l'entreprise, de la prise de décisions importantes et de la supervision générale des opérations.

Département commercial : Ce département se concentre sur les activités de vente, de marketing et de développement de produits. Il est chargé d'élaborer des stratégies de marketing, de promouvoir les services de l'entreprise, de gérer les relations avec les clients et de développer de nouveaux produits et offres.

Département technique : Le département technique est responsable de la gestion et de l'exploitation du réseau de télécommunications de Djezzy. Il veille à la maintenance et à l'amélioration du réseau, à l'expansion de la couverture et à la qualité des services offerts.

Département des ressources humaines : Ce département s'occupe du recrutement, de la gestion des talents, de la formation, de la rémunération et des politiques RH de l'entreprise. Il vise à créer un environnement de travail favorable et à favoriser le développement professionnel des employés.

Département financier : Le département financier est chargé de la gestion des ressources financières de l'entreprise, y compris la comptabilité, la planification budgétaire, la gestion des risques et les rapports financiers.

Département juridique et conformité : Ce département s'occupe des questions juridiques et de conformité, y compris la gestion des contrats, la conformité réglementaire, la protection des droits de propriété intellectuelle et la gestion des litiges.

1.6 Département d'accueil

Nous avons effectué notre stage au sein du département Data Governance et Quality, qui relève de la direction EIM (Entreprise and Infrastructure Management). Ce service joue un rôle crucial au sein de l'entreprise en mettant en place les mesures suivantes :

- Garantir la fiabilité des données de l'entreprise grâce à la mise en œuvre de contrôles réguliers. Cela permet de s'assurer de la qualité des données utilisées dans les processus et les décisions de l'entreprise.

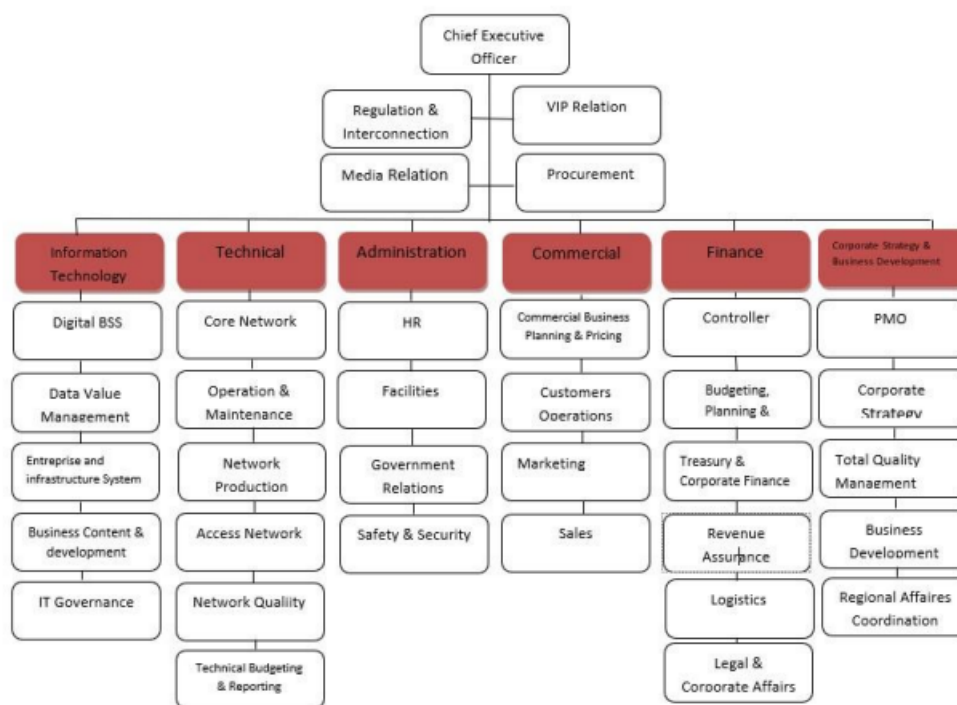


FIGURE 1.2 – L'organigramme de Djezzy

- Documenter et structurer les différents métiers de l'entreprise en créant des catalogues de données et des glossaires. Cette démarche permet de mieux comprendre et organiser les données en fonction des besoins spécifiques de chaque secteur d'activité.
- Assurer la conformité aux lois nationales et internationales régissant la protection des données, tels que l'APD (Autorité de Protection des Données) et le GDPR (General Data Protection Regulation). Le département Data Governance et Quality veille à ce que les données de l'entreprise soient gérées et traitées en conformité avec les réglementations en vigueur.
- Faciliter la communication entre les différents propriétaires des données au sein de l'entreprise en mettant en place des plateformes collaboratives. Cela favorise l'échange d'informations et la coordination des actions liées à la gestion des données.
- Agir en tant que point de contact technique vis-à-vis de l'ARPCE (Autorité de

Régulation de la Poste et des Communications Electroniques), en analysant les remontées d'informations de cette autorité régulatrice.

L'impact du service Data Governance et Quality se fait ressentir de plusieurs façons :

- Production de rapports précis et fiables, étant donné que ceux-ci reposent sur des données de qualité. Cela contribue à une meilleure prise de décision au sein de l'entreprise.
- Fluidification de la communication entre les différents services de l'entreprise, facilitant ainsi la collaboration et l'échange d'informations.
- Conformité aux recommandations des régulateurs nationaux et internationaux en matière de gestion des données. Cela permet à l'entreprise de se conformer aux exigences légales et réglementaires, réduisant ainsi les risques liés à la protection des données.

1.7 Les défis de djezzy

Djezzy comme tout autre entreprise de télécommunications, est confrontée à différents problèmes et défis. Voici quelques problèmes courants rencontrés par Djezzy :

Concurrence intense : Le secteur des télécommunications en Algérie est hautement compétitif, avec la présence de plusieurs opérateurs. Djezzy doit faire face à une concurrence féroce pour attirer et fidéliser les clients, ce qui peut entraîner une pression sur les prix et les marges bénéficiaires.

Couverture réseau et qualité de service : Assurer une couverture réseau étendue et une qualité de service optimale dans tout le pays peut être un défi technique et logistique. Djezzy doit continuellement investir dans l'expansion et la modernisation de son infrastructure pour offrir une connectivité fiable à ses clients.

Évolution technologique : Les avancées rapides dans le domaine des technologies de télécommunication exigent des investissements importants pour rester à jour. Djazzy doit suivre les dernières innovations telles que la 5G et développer des stratégies pour adopter ces nouvelles technologies tout en gérant les coûts associés.

Gestion des données : En tant qu'opérateur de télécommunications, Djazzy est responsable de la gestion d'une vaste quantité de données sensibles relatives à ses clients. Il est impératif pour l'entreprise de prendre des mesures de sécurité solides afin de préserver la confidentialité et la protection de ces données, tout en se conformant aux réglementations en vigueur concernant la protection des données.

En outre, Djazzy doit s'assurer de la cohérence des données saisies lors de l'enregistrement des clients, ainsi que de leur correspondance avec les informations réelles provenant des pièces d'identité scannées. Cela permet de garantir l'exactitude et l'intégrité des informations fournies, ainsi que de prévenir toute utilisation frauduleuse ou abusive des données des clients.

Évolution des besoins des clients : Les besoins et les attentes des clients évoluent rapidement dans le secteur des télécommunications. Djazzy doit être en mesure de comprendre les demandes changeantes des consommateurs et d'adapter ses offres de produits et services en conséquence pour rester compétitif.

Réglementation et cadre juridique : Les entreprises de télécommunications sont soumises à des réglementations strictes et à des obligations légales en matière de licence, de protection des consommateurs, de sécurité des réseaux, etc. Djazzy doit se conformer à ces exigences réglementaires et s'adapter aux changements de cadre juridique.

Image de marque et réputation : La perception des consommateurs à l'égard de Djazzy peut être influencée par des facteurs tels que la qualité du service, la satisfaction client et les problèmes de couverture réseau. Maintenir une bonne image de

marque et une réputation positive est essentiel pour attirer de nouveaux clients et fidéliser les existants.

Ces problèmes représentent certains des défis auxquels Djezzy peut être confronté en tant qu'entreprise de télécommunications. La gestion efficace de ces problèmes nécessite une planification stratégique, une attention constante aux besoins des clients, des investissements appropriés dans les infrastructures et une adaptation agile aux évolutions technologiques et réglementaires.

1.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit l'entreprise d'accueil, Djezzy, en fournissant un aperçu de ses missions et de son organisation. Nous avons également mis en évidence le rôle essentiel du service gouvernance et qualité des données au sein de notre département d'accueil.

CHAPITRE 2

ÉTAT DE L'ART

2.1 Introduction

Comme mentionné dans le précédemment chapitre, la gestion des données représente un défi non seulement pour Djezzy, mais également pour toute structure utilisant la saisie manuelle d'informations comme moyen de récupération de données. Afin de remédier à cette problématique, ce chapitre vise à fournir une vision complète des méthodes de reconnaissance et d'extraction d'informations à partir des pièces d'identité, ainsi que des avancées récentes dans l'analyse des images de documents.

2.2 La reconnaissance optique de caractères (OCR)

L'OCR, ou reconnaissance optique de caractères, est un processus qui consiste à convertir des images numérisées de texte en documents texte modifiables [KBK15]. Ces images sont généralement représentées sous forme de tableaux de pixels. L'objectif de l'OCR est de segmenter ces images afin de reconnaître les caractères qui les

composent. La segmentation des caractères implique de diviser une image en sous-images représentant des symboles individuels [RMS09].

Le système de reconnaissance de caractères se compose principalement de trois étapes : le prétraitement, la segmentation et la reconnaissance.

2.3 Différents aspects de l'OCR

Il existe plusieurs types de systèmes OCR en fonction de leur méthode de fonctionnement et de leur domaine d'application. Voici quelques-uns des types courants de systèmes OCR :

OCR basé sur les règles : Ces systèmes OCR utilisent des règles spécifiques pour reconnaître les caractères. Ils sont souvent utilisés lorsque le format des documents est constant et que les caractéristiques des caractères sont prévisibles [SS02].

OCR par apprentissage automatique : Ces systèmes OCR utilisent des algorithmes d'apprentissage automatique, tels que les réseaux de neurones, pour analyser et reconnaître les caractères. Ils peuvent être entraînés sur de grandes quantités de données pour améliorer leur précision de reconnaissance [UV13].

OCR intelligent : Les systèmes OCR intelligents combinent différentes techniques, telles que la reconnaissance de formes, l'apprentissage automatique et le traitement du langage naturel, pour reconnaître les caractères et comprendre leur contexte. Ils sont capables de reconnaître et de comprendre le sens des mots et des phrases, ce qui les rend utiles pour l'analyse de documents complexes [Sun+92].

OCR à grande échelle : Ces systèmes OCR sont conçus pour traiter de grandes quantités de documents. Ils sont souvent utilisés dans des environnements où la numérisation et la reconnaissance de caractères sont effectuées à grande échelle, tels que les centres de numérisation et les services de gestion de documents [Duc99].

OCR basé sur le cloud : Les systèmes OCR basés sur le cloud utilisent des services hébergés sur des serveurs distants pour effectuer la reconnaissance de caractères. Les utilisateurs peuvent envoyer leurs documents au service OCR via Internet et recevoir les résultats de reconnaissance en retour. Cela permet une flexibilité et une évolutivité accrues[AGV18].

OCR spécialisé : Certains systèmes OCR sont conçus pour des domaines d'application spécifiques, tels que la reconnaissance de caractères manuscrits, la reconnaissance de plaques d'immatriculation, la reconnaissance de codes-barres, etc. Ces systèmes sont optimisés pour les besoins particuliers de chaque domaine [TMA15].

2.4 La reconnaissance en ligne (on-line)

La reconnaissance en ligne est une méthode de reconnaissance des symboles qui fonctionne en temps réel, ce qui signifie que les caractères sont reconnus au fur et à mesure qu'ils sont écrits à la main. Cette approche est principalement utilisée pour l'écriture manuscrite et implique la reconnaissance des données unidimensionnelles. L'écriture est représentée par un ensemble de points dont les coordonnées sont basées sur le temps [LB94].

L'un des avantages majeurs de la reconnaissance en ligne est la possibilité d'effectuer des corrections et des modifications interactives pendant l'écriture. Grâce à la rétroaction continue du système, l'utilisateur peut apporter des corrections ou des modifications en temps réel, tandis que le système de reconnaissance lui fournit des retours immédiats pour faciliter le processus. Cette fonctionnalité permet non seulement d'améliorer la précision de la reconnaissance, mais offre également une flexibilité accrue lors de la saisie de texte à la main [LVK00].

2.5 La reconnaissance hors-ligne (off-line)

La reconnaissance hors ligne est un processus de reconnaissance qui débute après avoir obtenu l'écriture, ce qui le rend adapté aux documents imprimés et aux manuscrits déjà rédigés. Ce mode de reconnaissance est similaire à la reconnaissance visuelle, car il se concentre sur l'interprétation des informations indépendamment de leur source de génération [Ess21].

La reconnaissance hors ligne est le cas le plus courant de reconnaissance de l'écriture manuscrite. Dans ce mode, l'accent est mis sur l'analyse des informations à partir d'une image numérisée, que ce soit d'un document imprimé ou d'un manuscrit [Rao+06].

Il est important de noter que la qualité de l'image numérisée joue un rôle crucial dans la reconnaissance hors ligne. Des images nettes et de haute qualité facilitent le processus de reconnaissance en permettant une meilleure extraction des caractéristiques des caractères [Rao+06]. Ainsi, la précision de la reconnaissance hors ligne peut être étroitement liée à la qualité de l'image utilisée pour l'analyse.

2.6 Domaine d'application d'un OCR

L'utilité et l'évolution des OCR leur ont valu leurs mises au point et leur application dans divers domaines, on cite parmi ceux-là quelques domaines d'application [Ess21] :

- La saisie des données pour les documents commerciaux : comme les chèques saisis à la main, les relevés bancaires, les factures, etc. Les OCR permettent une lecture automatique de ces derniers ce qui réduit considérablement la quantité de travail et offre un gain de temps.
- La lecture d'image en temps réel, avec le développement des applications mobiles diverses informations sont stockées sous format numérique, ainsi le besoin de conversion d'image comportant du texte se fait souvent ressentir d'où

l'utilité de cette technologie d'OCR.

- L'aide aux utilisateurs aveugles ou malvoyants, en effet les OCR permettent de lire et fournir les lettres et les mots d'un document imprimé, ce qui permet leurs manipulations, de telle sorte à produire des documents sous format typhlofil 1 ou encore produire des sons prononçant les lettres ou les mots reconnus.
- Reconnaissance automatique des plaques d'immatriculation, pour diverses utilisations antérieures principalement pour des faims de sécurité, en effet, les OCR permettant la lecture des caractères d'une plaque ce qui permet l'identification du véhicule et par la suite de la personne possédant ce dernier ce qui permet la résolution de plusieurs fonctionnalités, à savoir la gestion automatique du trafic routier, des parkings, etc.

Le domaine de la reconnaissance et de l'extraction d'informations est en constante évolution, et cette évolution a conduit au développement rapide de différentes étapes essentielles dans les systèmes existants. Parmi ces étapes, on retrouve le prétraitement, la segmentation, l'extraction de régions d'intérêt et le processus de reconnaissance. Ces étapes sont devenues indispensables pour obtenir des résultats précis et fiables.

2.7 Les étapes clés d'un système OCR

Un système OCR (Optical Character Recognition) comprend généralement plusieurs étapes clés pour la reconnaissance de caractères. Ces étapes clés peuvent varier légèrement en fonction de l'implémentation spécifique du système OCR, mais elles représentent généralement les principales phases impliquées dans le processus de reconnaissance des caractères. Nous allons présenter dans ce qui suit les étapes couramment impliquées dans un système OCR.

2.7.1 Acquisition de l'image

La première étape consiste à acquérir l'image contenant le texte à reconnaître. Cela peut être réalisé en numérisant un document papier, en prenant une photo à l'aide d'un appareil photo ou en récupérant une image numérique à partir d'une source électronique.

2.7.2 Prétraitement

Le prétraitement est une étape cruciale dans le traitement des documents numérisés, car les images capturées peuvent présenter des imperfections ou des artefacts qui peuvent affecter la précision du traitement ultérieur. Le but du prétraitement est donc de corriger ces problèmes et d'optimiser l'image pour une analyse efficace[CSC23].

Les opérations de prétraitement incluent généralement le redressement de l'image pour corriger les angles de rotation et de perspective, la suppression du bruit pour éliminer les pixels indésirables qui peuvent brouiller l'image, ainsi que la suppression des informations redondantes pour réduire la quantité de données à traiter[CSC23].

En outre, la sélection des zones de traitement utiles est également importante pour optimiser l'efficacité du traitement. Cela peut être réalisé en utilisant des techniques telles que la segmentation d'image pour identifier les régions d'intérêt et ignorer les zones inutiles [CSC23].

2.7.3 Segmentation

La segmentation d'image est une technique de traitement d'images qui consiste à diviser une image en plusieurs régions ou segments pour faciliter l'analyse ou la manipulation ultérieure. Cette technique est souvent utilisée pour extraire des informations spécifiques de l'image, telles que des objets, des contours ou des textures, en isolant ces caractéristiques des autres parties de l'image [PP93].

La segmentation d'une pièce d'identité est une tâche importante dans les systèmes de reconnaissance de documents et de vérification d'identité. La segmentation vise à

extraire les informations pertinentes de la pièce d'identité, telles que le nom, la date de naissance, la photo, etc., en isolant ces zones des autres parties du document [Lar+21].

La segmentation d'une pièce d'identité peut être réalisée en utilisant différentes techniques de traitement d'images, telles que la segmentation basée sur les seuils, la segmentation basée sur les régions, ou la segmentation basée sur les contours. La méthode la plus courante consiste à utiliser une combinaison de ces techniques pour extraire les différentes zones de la pièce d'identité [Beu90].

Segmentation basée sur les seuils

Cette méthode consiste à diviser l'image en fonction de la valeur des pixels. Les pixels dont la valeur est supérieure à un seuil défini sont considérés comme faisant partie d'un objet, tandis que les pixels dont la valeur est inférieure à ce seuil sont considérés comme faisant partie de l'arrière-plan. [Vau+10].

Segmentation basée sur les contours

Cette méthode consiste à détecter les contours de l'image et à les utiliser pour diviser l'image en différentes régions. Les contours peuvent être détectés en utilisant des algorithmes tels que le filtre de Sobel ou le filtre de Canny [FjØ99].

Segmentation hiérarchique

Cette méthode consiste à diviser l'image en plusieurs niveaux de détails, en utilisant des techniques de segmentation basées sur les régions ou les contours. Cette segmentation permet de créer une hiérarchie de régions, qui peut être utile pour la reconnaissance de formes ou la détection d'objets[GB00].

Segmentation basée sur la combinaison de méthodes

Cette méthode consiste à combiner plusieurs techniques de segmentation pour obtenir des résultats plus précis et fiables. Par exemple, une méthode courante consiste

à utiliser la segmentation basée sur les régions pour obtenir une segmentation grossière de l'image, puis à utiliser la segmentation basée sur les contours pour améliorer la précision de la segmentation[Fjø99].

2.7.4 Extraction des régions d'intérêt

La procédure d'extraction des régions d'intérêt d'une pièce d'identité implique la détection et l'extraction des éléments cruciaux d'une image de pièce d'identité, tels que la photographie, le nom, la date de naissance, le numéro d'identification, et bien plus encore. Cette étape est fondamentale dans des domaines tels que la reconnaissance d'identité, la vérification d'identité, l'analyse des données d'identité et d'autres applications similaires, où elle permet d'identifier et de recueillir les informations pertinentes nécessaires à ces processus [YSJ22].

2.7.5 Extraction de caractéristiques

Une fois que les caractères ont été segmentés, il est nécessaire d'extraire des caractéristiques distinctives pour chaque caractère. Cela peut inclure des attributs tels que la forme, la taille, les angles, les espaces entre les caractères, etc. Ces caractéristiques permettent de représenter les caractères de manière numérique et de les différencier les uns des autres[Her21]. Il est à noter que cette étape est omise lorsqu'il s'agit des techniques basées sur le Deep Learning.

2.7.6 Reconnaissance

La reconnaissance est l'étape principale où les caractères sont identifiés et reconnus en fonction des caractéristiques extraites. Différentes techniques de reconnaissance peuvent être utilisées, allant des approches basées sur les règles aux méthodes d'apprentissage automatique avancées, telles que les réseaux de neurones et les algorithmes de classification [FI22].

2.7.7 Post-traitement

Après la reconnaissance des caractères, une étape de post-traitement peut être effectuée pour améliorer la précision et la cohérence des résultats. Cela peut impliquer des techniques telles que la correction d'erreurs, la fusion de caractères segmentés en mots ou en phrases, la vérification de la cohérence contextuelle, etc.

2.7.8 Types des erreurs

Erreurs de segmentation

La segmentation de document consiste à diviser un document en unités structurales, telles que des zones de texte ou des graphiques. Cependant, une mauvaise application des méthodes de segmentation peut entraîner des erreurs[ARR99], telle que la fusion horizontale des zones de texte. Ce bogue entraîne la fusion de lignes adjacentes appartenant à des colonnes différentes. Cela affecte l'ordre de lecture, comme le montre la Figure 2.1 , où l'ordre normal : 1, 2, 3, 4 est converti en 1, 3, 2, 4.

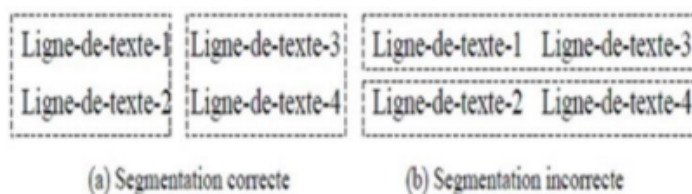


FIGURE 2.1 – Fusion horizontale des régions.

Erreurs de reconnaissance de caractères

Un OCR peut faire quatre types d'erreurs sur la reconnaissance des caractères :

- Une confusion, en remplaçant un caractère par un autre, si les caractères sont morphologiquement proches (par exemple. O, 0, c, [, n, h, s,5).
- Une suppression, en ignorant un caractère, considérée comme un bruit de l'image.

- Un ajout, en dédoublant un caractère par deux autres dont la morphologie de leurs formes accolées peut être proche du caractère [par exemple. m, rn, d,cl, w, vv]
- les OCR peuvent indiquer les doutes qu'ils ont eus sur certains caractères et certains mots. Ces doutes peuvent servir lors de la phase de correction.

La figure 2.2 donne des exemples d'erreurs de reconnaissance possibles.[Ess21]

Château	Chanteau ^	Chat eau ^	Chapeau 	Gâteau v
<i>Original</i>	<i>Ajout</i>	<i>Ajout</i>	<i>Confusion</i>	<i>Confusion & Suppression</i>

FIGURE 2.2 – F : Différents cas d'erreurs de reconnaissance possibles sur le mot « Château »

Erreurs de reconnaissance de mots

Une cause courante d'erreurs est que l'OCR interprète mal la largeur des espaces. Cela peut conduire à la fusion de deux mots ou à la séparation d'un mot.

La principale raison de la suppression est que l'image du mot correspondant n'est pas bonne, comme la surbrillance, l'arrière-plan gris et le bourrage.

L'OCR n'est pas autorisé à prendre des décisions partielles sur les caractères, ce qui l'oblige à rejeter des mots entiers. La suppression peut même affecter des lignes entières, par exemple les lignes d'en-tête provoquent une vidéo inversée, un froissement du papier, etc.[Dao20]

2.8 Méthodes et techniques d'extraction de données à partir d'images

Tous les modèles prennent en considération la phase de prétraitement qui implique la modification des données brutes et la rectification des insuffisances liées au processus de collecte des données (Bruit de capteur, la faible résolution, Éclairage inégal, Distorsion de perspective, le zoom et la mise au point, Quantification de l'intensité et de la couleur)

La segmentation concerne la procédure de division des lignes, des mots et des caractères présents dans une image. Par ailleurs, l'extraction de caractéristiques a pour objectif de déterminer un ensemble d'attributs permettant de représenter de manière exacte et spécifique la morphologie du caractère, l'étape la plus importante du processus reconnaissance qui consiste à convertir les différents caractères et chiffres en langage machine.

Diverses approches ont été proposées pour résoudre le problème de reconnaissance de caractères dans des environnements bruités, ainsi que pour détecter et extraire les régions d'intérêt d'une pièce d'identité. Par exemple, une solution présentée par Smith et al. [SH11] utilise des points d'intérêt pour améliorer la reconnaissance optique de caractères dans des environnements bruités. Augereau et al. [AJD12] proposent une méthode basée sur des points d'intérêt pour la détection en temps réel des pièces d'identité, permettant ainsi la localisation et l'extraction de la zone d'intérêt correspondante.

Pour extraire les points d'intérêt, plusieurs méthodes ont été utilisées, telles que la méthode SURF proposée par Bay et al. [Bay+08]. Cette méthode permet d'extraire et de décrire les points d'intérêt, qui sont ensuite mis en correspondance avec ceux extraits de l'image à analyser.

Cependant, ces approches peuvent rencontrer des problèmes liés aux particularités des pièces d'identité, tels que la structure rigide, les perturbations causées par les photos et les logos, le placement de la carte d'identité, ou encore lorsque l'image du

document n'est pas à l'échelle standard. De plus, certaines méthodes peuvent présenter des difficultés liées à l'autosimilarité, à la nécessité de segmenter et regrouper les lettres, etc.

Une autre approche pour la reconnaissance de texte dans des scènes est introduite par Shi et al. [Shi+13]. Cette approche utilise une structure arborescente basée sur les parties pour modéliser chaque type de caractère, ce qui permet de détecter et de reconnaître les caractères simultanément.

D'autres travaux, tels que celui de Michael Ryan et al. [RH15], ont proposé une approche qui utilise des algorithmes de détection de contours pour faciliter l'extraction des régions de caractères, créant ainsi une image lisible pour l'OCR. Ils utilisent également des techniques de binarisation et la méthode Stroke Width Transform (SWT) pour la détection de texte.

Une solution proposée par Ann Nosseir et al. [NA18] utilise des opérations morphologiques, en particulier la dilatation, pour éliminer au maximum les régions non d'intérêt (ROI) et améliorer la ROI. Cette approche applique également l'algorithme SUFE (Speeded Up Robust Features) pour extraire les points caractéristiques de chaque image et utilise une technique d'appariement de modèles basée sur la corrélation pour reconnaître les caractères.

Hoang Danh Liem et al. [Lie+18] ont proposé un système de détection et de reconnaissance des cartes d'identité vietnamiennes, basé sur un module de détection de texte. Ce module localise et recadre chaque mot avec sa boîte englobante, puis le module de reconnaissance de texte extrait les informations textuelles.

Une autre approche, proposée par Jonathan Fabrizio et al. [NFG18], utilise la saillance visuelle pour détecter automatiquement les documents d'identité sans connaître à l'avance le document. Des algorithmes de traitement d'image sont utilisés pour localiser les documents d'identité à l'intérieur d'un cadre photo ou vidéo, puis des méthodes de classification sont appliquées pour identifier les documents d'identité.

Attivissimo et al. [Att+19] ont développé un système de reconnaissance automatique de documents d'identité basé sur des techniques avancées telles que l'apprentissage en profondeur, le traitement d'images, la détection d'anomalies et les réseaux de neurones convolutifs. Ils ont utilisé des réseaux de neurones profonds pour extraire des caractéristiques à partir des images de documents d'identité et ont inclus des fonctionnalités de détection d'anomalies pour repérer les signes de falsification ou de manipulation dans les documents.

Enfin, le travail de Wira Satyawati et al. [Sat+19] propose l'utilisation de techniques de traitement d'image telles que la transformation morphologique pour éliminer le bruit et les filtres tels que Sobel et Otsu. Ils appliquent également une phase de segmentation pour récupérer la partie contenant les informations utiles.

Ces différentes approches montrent des solutions efficaces pour résoudre les problèmes liés à la reconnaissance et à l'extraction des informations à partir des pièces d'identité, en prenant en compte les spécificités et les défis associés à ces documents.

2.9 Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'exploration des techniques associées à la reconnaissance des caractères dans les images de pièces d'identité. Nous avons fourni une vue d'ensemble des différentes étapes impliquées dans ce processus, en mettant en évidence les approches clés et les méthodes utilisées.

Nous avons examiné en détail les différentes étapes de la reconnaissance des caractères, telles que l'extraction des régions d'intérêt contenant les informations pertinentes des pièces d'identité, la détection et l'amélioration de la qualité des images, ainsi que l'utilisation de méthodes de segmentation pour isoler les caractères individuels.

De plus, nous avons discuté des techniques avancées telles que l'utilisation de points d'intérêt, de modèles basés sur des parties ou de réseaux de neurones convolutifs pour améliorer la précision de la reconnaissance des caractères. Ces approches

permettent de prendre en compte les spécificités des pièces d'identité, telles que leur structure rigide et les perturbations potentielles causées par les photos et les logos.

CHAPITRE 3

SYSTÈME D'EXTRACTION DES DONNÉES À PARTIR D'UNE PIÈCE D'IDENTITÉ

3.1 Introduction

Après avoir étudié les différentes techniques et méthodes de détection et de reconnaissance des pièces d'identité proposées dans la littérature, nous avons acquis une compréhension générale des algorithmes et des techniques exploitables pour atteindre nos objectifs.

Ce chapitre se concentre sur la description de la conception et de la structure globale de notre application. Nous cherchons à expliquer l'état général des données utilisées et nous détaillons également la manière dont nous pouvons passer d'un fichier PDF contenant des images de pièces d'identité à un ensemble d'informations structurées exploitables.

3.2 Description de la base de données utilisée pour l'étude

Notre application a été développée dans le but de traiter les documents spécifiques liés aux contrats des clients de l'opérateur téléphonique Djezzy. Ces documents sont

classés comme des documents administratifs et possèdent des caractéristiques distinctes, que ce soit en termes de format ou de contenu.

Après avoir effectué une analyse physique des échantillons de contrats, nous avons observé que le format de ces documents change régulièrement, mais que le contenu demeure identique. Les variations se manifestent à différents niveaux. Par exemple :

- Au niveau de la première page qui contient des contrats signés par les clients.
- Au niveau des types des pièces des identités utilisées (carte nationale biométrique, carte nationale classique, permis de conduire classique, permis de conduire biométrique, carte chifa, passeport (Il convient de noter qu'on peut traiter des passeports de différents pays)).
- Au niveau de l'emplacement des images contenant les pièces d'identité.
- L'ensemble des problèmes lors de l'acquisition de ces images (Rotation, Bruit de capteur, la faible résolution, Éclairage inégal, Distorsion de perspective, le zoom et la mise au point, Quantification de l'intensité et de la couleur)
- Problème de cacher des copies conformes qui est peut-être placé sur une partie de la carte qui contient des informations sensibles.
- La langue dans laquelle les pièces d'identités sont écrites (arabe ou français)
- La police d'écriture

Toutes ces variations compliquent le traitement des documents à plusieurs niveaux.

3.2.1 Structure des documents des clients

Le document est étalé sur plusieurs pages, organisé selon la disposition suivante :

Page contrat : est composée d'une seule page qui contient l'ensemble des informations saisies par l'agent commercial, telles que le nom, le prénom, la date de naissance, la nationalité, l'adresse, la wilaya, le numéro d'identification national, ainsi que d'autres informations supplémentaires.

Pages images : se compose d'une ou plusieurs pages qui contiennent les deux faces de la carte d'identité (recto et verso), et au-dessus de celles-ci, on peut également trouver l'ensemble des informations relatives à l'agent commercial (nom, prénom, adresse), et davantage.

3.3 Processus d'acquisition

Les documents des clients peuvent être acquis de deux manières, en fonction des outils disponibles au niveau des agences et des boutiques de vente :

3.3.1 Utilisation d'un scanner

La numérisation d'une pièce d'identité à l'aide d'un scanner consiste à convertir un document papier en une image numérique en utilisant un capteur optique. Cette méthode offre une rapidité et une précision appréciables, mais elle peut également présenter des défis techniques à prendre en compte. Voici quelques aspects à considérer [RDB11] :

- Résolution : La résolution du scanner détermine la qualité de l'image numérisée. Une résolution trop basse peut entraîner une perte de détails importants, rendant difficile la lecture ou la reconnaissance des informations présentes sur la pièce d'identité. Il est donc préférable d'utiliser une résolution suffisamment élevée pour capturer tous les détails importants.
- Couleur et contraste : Certains scanners peuvent rencontrer des difficultés lors de la numérisation de documents en couleur, notamment en termes de reproduction précise des teintes et du contraste. Il est recommandé de vérifier les paramètres de couleur et de contraste du scanner afin d'obtenir une représentation fidèle des couleurs et des nuances présentes sur la pièce d'identité.
- Distorsion : Lors de la numérisation d'une pièce d'identité, il est important de s'assurer que le document est placé de manière plane sur la surface du scanner pour éviter toute distorsion. Une distorsion peut altérer les proportions et

les dimensions du document, rendant difficile sa lecture ou sa validation ultérieure.

- Contamination : Les scanners peuvent accumuler de la poussière ou des rayures sur leur surface de numérisation au fil du temps, ce qui peut affecter la qualité des numérisations. Il est recommandé de nettoyer régulièrement le scanner et de s'assurer que le document à numériser est exempt de poussière ou de rayures pouvant se refléter sur l'image numérique.

3.3.2 Utilisation d'un smartphone :

Lors de la numérisation d'une pièce d'identité à l'aide de la caméra d'un smartphone, il est nécessaire de prendre une photo de qualité et de traiter l'image numérique résultante. Cependant, cette méthode peut présenter des défis techniques à prendre en compte. Voici quelques aspects importants [LGO14] :

- Qualité de l'éclairage : L'éclairage joue un rôle crucial dans la qualité de la numérisation. Une lumière insuffisante peut entraîner une image sombre ou floue, rendant difficile la lecture des informations sur la pièce d'identité. Il est recommandé d'utiliser un éclairage uniforme et suffisamment lumineux pour obtenir une image claire et nette.
- Cadrage de l'image : Il est important de cadrer correctement la pièce d'identité dans le viseur de la caméra. Un mauvais cadrage peut entraîner la coupure de certaines informations cruciales ou des distorsions géométriques indésirables. Il est préférable de veiller à ce que tous les éléments pertinents de la pièce d'identité soient inclus dans l'image et qu'ils soient bien alignés.
- Problèmes de contraste : Des problèmes de contraste peuvent survenir lors de la numérisation, notamment si la pièce d'identité comporte des zones de texte ou d'images avec des variations de luminosité importantes. Il est recommandé de s'assurer que le contraste est correctement réglé pour une meilleure lisibilité et une reproduction fidèle des détails importants.

- Distorsions géométriques : Les distorsions géométriques, telles que les angles inclinés ou les déformations, peuvent altérer la qualité et la lisibilité de l'image numérisée. Il est préférable de maintenir le smartphone de manière stable et de prendre la photo directement face à la pièce d'identité pour minimiser ces distorsions.
- Présence de plis ou de taches : Avant de prendre la photo, il est important de s'assurer que la pièce d'identité est exempte de plis, de taches ou de saletés pouvant compromettre la qualité de l'image numérisée. Une surface propre et lisse garantit une numérisation plus précise.

3.4 Architecture globale du système

Nous présentons dans cette section l'architecture globale de notre système. Ce dernier permet de traiter les documents PDF enregistré au niveau du serveur de Djezzy afin d'aider l'entreprise à vérifier rapidement des informations importantes, telles que le numéro d'identification, le nom complet, la date de naissance, le sexe et la date de validité de leur client.

La solution que nous proposons pour la détection, la reconnaissance et l'extraction des pièces d'identité est décrite dans la figure 3.1.

Cette solution utilise des techniques avancées de traitement d'image pour analyser les documents PDF et extraire les données pertinentes de manière précise et efficace.

3.4.1 Préparation des données

La préparation des données est un processus essentiel qui englobe la collecte, la conversion, l'analyse et l'optimisation de l'ensemble d'informations, permettant ainsi leur utilisation efficace au sein de l'application.

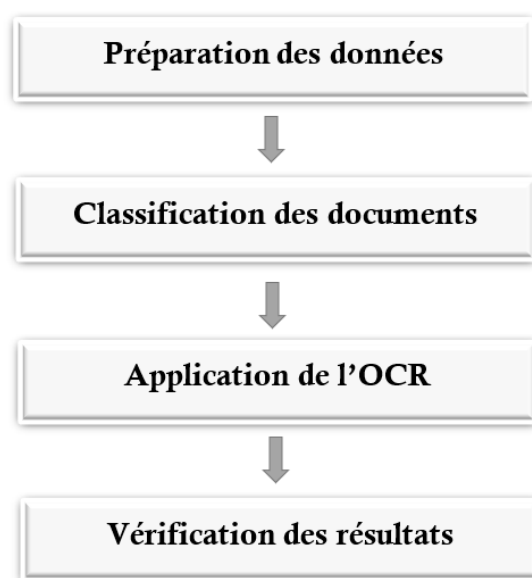


FIGURE 3.1 – Architecture globale du système

Dans le cadre de notre système, ce processus revêt une importance particulière car il nous permet d'effectuer des optimisations sur les données, garantissant ainsi la meilleure qualité de données qui seront traitées lors des prochaines étapes de notre système.

Collection des documents

Un accès à la base de données est nécessaire afin d'effectuer une analyse manuelle des documents et préparer l'ensemble des fichiers PDF à traiter dans les prochains processus.

Conversion du document PDF en image

La première étape du développement de notre système consiste à implémenter une fonction qui permet de charger tous les fichiers PDF, y compris les pages appartenant à chaque document cible, à partir d'un répertoire préalablement spécifié.

Cette fonction utilise la bibliothèque pdf2image pour effectuer la conversion, en prenant le répertoire du document PDF cible comme argument.

Cette fonctionnalité garanti non seulement la qualité des fichiers PDF dans les images converties, mais également le nombre de pages contenues dans chaque PDF. Pour cela, nous convertissons toutes les pages du fichier en images au format JPEG, en préservant le nom du fichier PDF et en utilisant le nombre de pages comme nom d'image. De plus, des dossiers spécifiques sont créés pour chaque fichier, en utilisant la date et l'heure d'exécution comme nom, afin de faciliter l'accès aux données dans la base de données.

Ainsi, la sortie de cette fonction sera un ensemble d'images pour chaque document PDF, où chaque page sera convertie en une image JPEG. Les images seront organisées dans une structure d'arborescence ergonomique, permettant un accès facile aux données et facilitant l'intégration ultérieure avec la base de données.

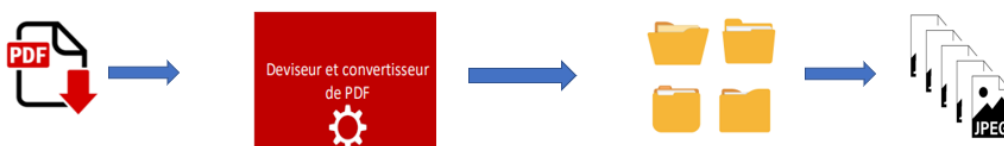


FIGURE 3.2 – Deviseur et convertisseur de PDF

Détection de la pièce dans l'image

Dans cette section, nous avons entrepris de détecter et de recadrer la pièce d'identité présente dans les images. Pour cela, nous avons utilisé un modèle pré-entraîné qui repose sur un graphe d'inférence figé, spécialement conçu pour effectuer la détection

d'identité à partir d'images. Ce modèle a été entraîné en utilisant la bibliothèque "TensorFlow Object Detection API", qui met en œuvre une architecture de modèle connue sous le nom de "Faster R-CNN".

Le modèle pré-entraîné que nous avons utilisé est capable de localiser et d'identifier les pièces d'identité dans les images, grâce à l'apprentissage effectué sur un large ensemble de données. En utilisant le graphe d'inférence figé, nous sommes en mesure d'effectuer des inférences rapides et précises sur de nouvelles images, en identifiant la présence et la position des pièces d'identité [Gir15].

La méthode "Faster R-CNN" est une architecture de modèle couramment utilisée dans les tâches de détection d'objets. Elle combine des réseaux de neurones convolutifs pour extraire des caractéristiques visuelles à partir des images, ainsi qu'un réseau de neurones pour effectuer la détection et la localisation des objets d'intérêt. Cette architecture est reconnue pour sa performance élevée et sa précision dans la détection d'objets complexes, ce qui en fait un choix approprié pour notre tâche de détection de pièces d'identité [HSI21].

3.4.2 Classification des documents

Cette étape englobe deux aspects fondamentaux : tout d'abord, l'identification de la pièce d'identité scannée. Parallèlement, diverses techniques de transformations géométriques sont appliquées pour améliorer de façon optimale la qualité de l'image.

La reconnaissance de la pièce

Dans cette partie, notre objectif était de permettre la reconnaissance des différents types de pièces d'identité existantes, tels que la carte nationale biométrique, la carte nationale classique, le permis de conduire classique, le permis de conduire biométrique et le passeport. Pour parvenir à identifier ces différents types de pièces d'identité, nous avons suivi plusieurs étapes essentielles :

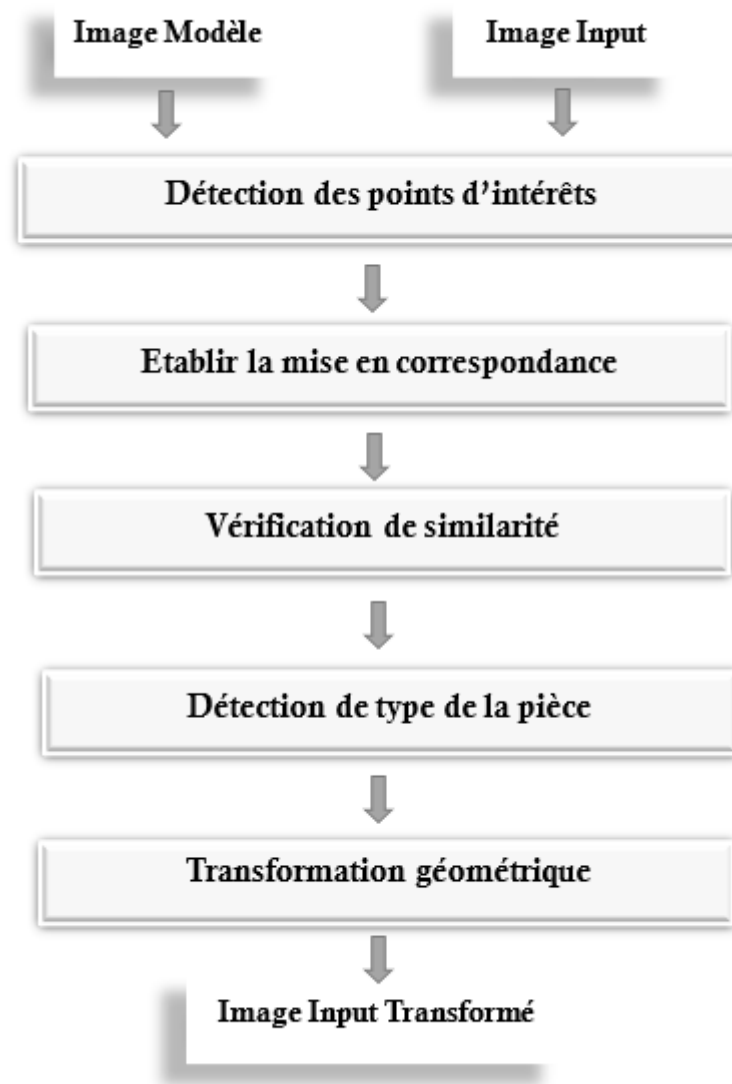


FIGURE 3.3 – Processus de classification

La création de l'image Example (modèle) : Tout d'abord, nous créons une image modèle pour chaque type de pièce d'identité à reconnaître. Cette image modèle est un exemple de document cible où les parties variables ont été supprimées dans le but de réduire le temps d'exécution et d'éviter les points d'intérêt qui ne correspondent à aucun autre document. Cette approche permet également de minimiser les erreurs de correspondance.

En créant une image modèle, nous éliminons toutes les parties variables de la carte

d'identité, comme le nom, la photo et les informations spécifiques à chaque individu. L'image modèle représente ainsi un exemple standardisé de la pièce d'identité recherchée.

La suppression des parties variables permet de simplifier la reconnaissance en se concentrant sur les éléments constants et caractéristiques communes à tous les documents du même type. Cela réduit considérablement la complexité du processus de correspondance et améliore l'efficacité globale du système. Les figures 3.4 et 3.5 présentent les modèles utilisés pour les pièces d'identité.

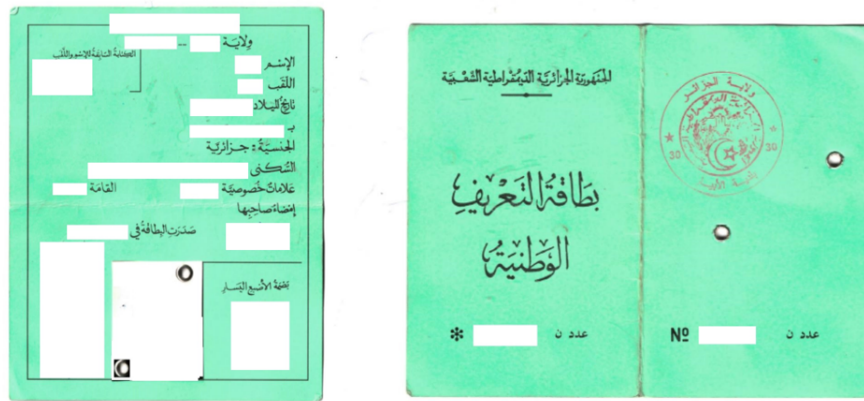


FIGURE 3.4 – Image Modèle (Ancienne carte)



FIGURE 3.5 – image Modèle(Carte biométrique)

Détection et description des points d'intérêt : Dans cette étape, nous utilisons le descripteur SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) pour détecter et décrire l'ensemble des points d'intérêt présents dans les différentes images modèles et les images requêtes. Le descripteur SIFT est reconnu pour sa rapidité de calcul et se compose de deux étapes principales : la détection des points d'intérêt et la description de ces points [GJ09].

L'utilisation du descripteur SIFT permet de représenter chaque image par un ensemble de descripteurs de points d'intérêt, formant ainsi une signature unique pour cette image. Cette approche offre une méthode efficace et fiable pour comparer les images et détecter les correspondances entre les images modèles et les images requêtes, en se basant sur les similarités entre leurs descripteurs SIFT.

Principe de fonctionnement : Le descripteur SIFT est employé afin de repérer les caractéristiques locales au sein d'une image. Les caractéristiques SIFT se révèlent particulièrement appropriées pour résoudre les défis liés à l'assemblage d'images, car elles conservent leur invariance face aux variations d'échelle, d'orientation et de distorsion affine.[AJD12]

Pour commencer, en utilisant l'image E de l'espace d'échelle, nous calculons la magnitude m et l'orientation θ des gradients d'intensité pour chaque pixel (x, y) dans un voisinage de taille 16×16 autour du point d'intérêt (u, v) .

$$m(x, y) = \sqrt{(E(x + 1, y) - E(x - 1, y))^2 + (E(x, y + 1) - E(x, y - 1))^2} \quad (3.1)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \frac{(E(x + 1, y) - E(x - 1, y))}{(E(x, y + 1) - E(x, y - 1))} \quad (3.2)$$

Les opérations de calcul mentionnées sont représentées par de petites flèches situées dans la partie gauche de la figure 3.6, tandis que le descripteur est symbolisé dans la

partie droite de la même figure. Il se compose de multiples histogrammes d'orientations de gradient, où chaque histogramme représente une zone de 4×4 pixels. Comme illustré, chaque histogramme est constitué de huit classes distinctes.

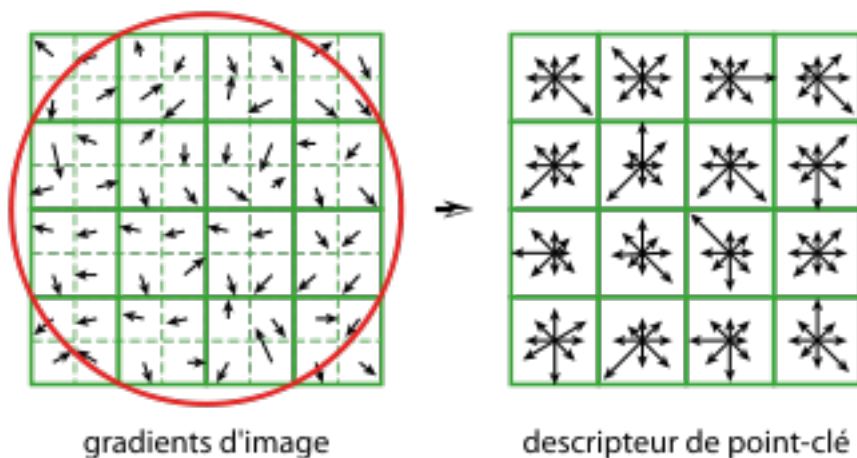


FIGURE 3.6 – Principe du descripteur SIFT

Les descripteurs SIFT sont générés à partir de ces gradients en les orientant autour du point d'intérêt et en les associant à une pondération gaussienne.

Les figures ci-dessous illustrent un exemple du fonctionnement de SIFT appliqué aux cartes nationales :

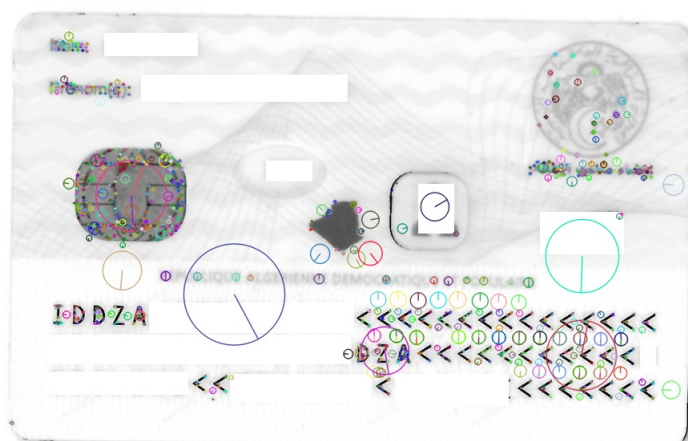


FIGURE 3.7 – Détection et description des points d'intérêt (carte biométrique)

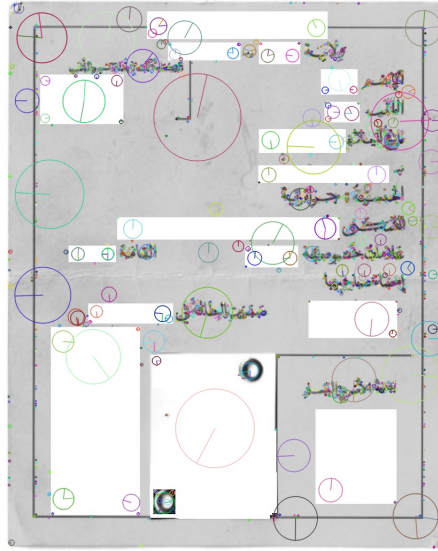


FIGURE 3.8 – Détection et description des points d'intérêt (ancienne carte)

Mise en correspondance des points : Dans ce stade, on compare les caractéristiques importantes du modèle d'image avec celles de l'image requête afin d'établir des correspondances, et on effectue une estimation du degré de similarité entre les deux images. La mise en correspondance, également appelée appariement, consiste à trouver le pixel P_2 correspondant dans l'image cible pour chaque pixel P_1 de l'image source, en considérant une paire d'images (image1 = "image source" et image2 = "image cible").

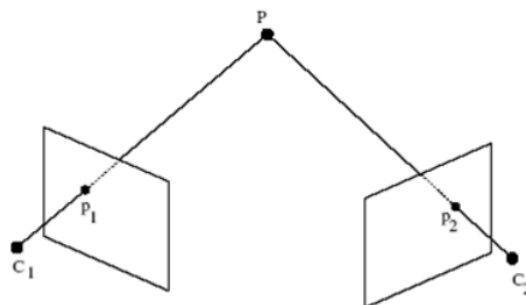


FIGURE 3.9 – Mise en correspondance

Une fois que les descripteurs SIFT ont été extraits pour chaque point d'intérêt dans les deux images, le script utilise l'algorithme FLANN (Fast Library for Approximate Nearest Neighbors) pour trouver les paires de points d'intérêt les plus similaires. FLANN est un algorithme d'appariement de caractéristiques qui permet de trouver rapidement, efficacement, de manière robuste et approximative les correspondances les plus proches entre les descripteurs de deux images. [ML09].

Afin de calculer la similarité entre deux descripteurs SIFT, le système utilise la distance euclidienne, qui quantifie la distance entre les vecteurs de caractéristiques de chaque point d'intérêt. Chaque point d'intérêt de l'image modèle est associé aux deux points d'intérêt les plus proches de l'image requête. Bien que le voisin le plus proche soit généralement suffisant, le deuxième voisin le plus proche est également utilisé dans l'étape de filtrage ultérieure. Pour trouver les deux plus proches voisins (2-PPV), la distance euclidienne entre les descripteurs, qui sont des vecteurs de 64 dimensions, est utilisée.) FLANN optimise la recherche de correspondances en utilisant des structures de données efficaces, telles que les arbres KD (k-d trees) et les tables de hachage.

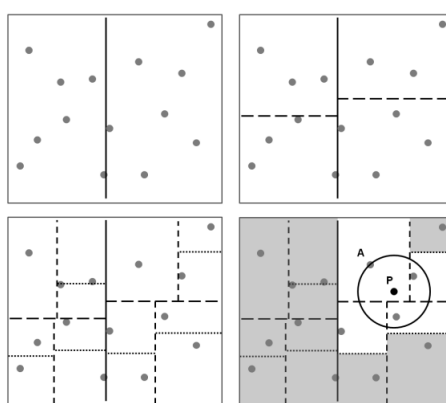


FIGURE 3.10 – Exemple de fonctionnement de l'arbre KD

Ces structures permettent d'accélérer la recherche des plus proches voisins, facilitant ainsi la construction et la recherche efficace des correspondances dans les descripteurs (Figure 3.10).

Les arbres KD permettent de structurer l'espace de recherche afin d'accélérer la comparaison d'un élément avec les autres. L'algorithme FLANN utilise des arbres KD aléatoires. Dans notre cas, plusieurs arbres KD sont utilisés en parallèle, et chaque arbre ne considère que 5 dimensions aléatoirement sélectionnées [Ben90].

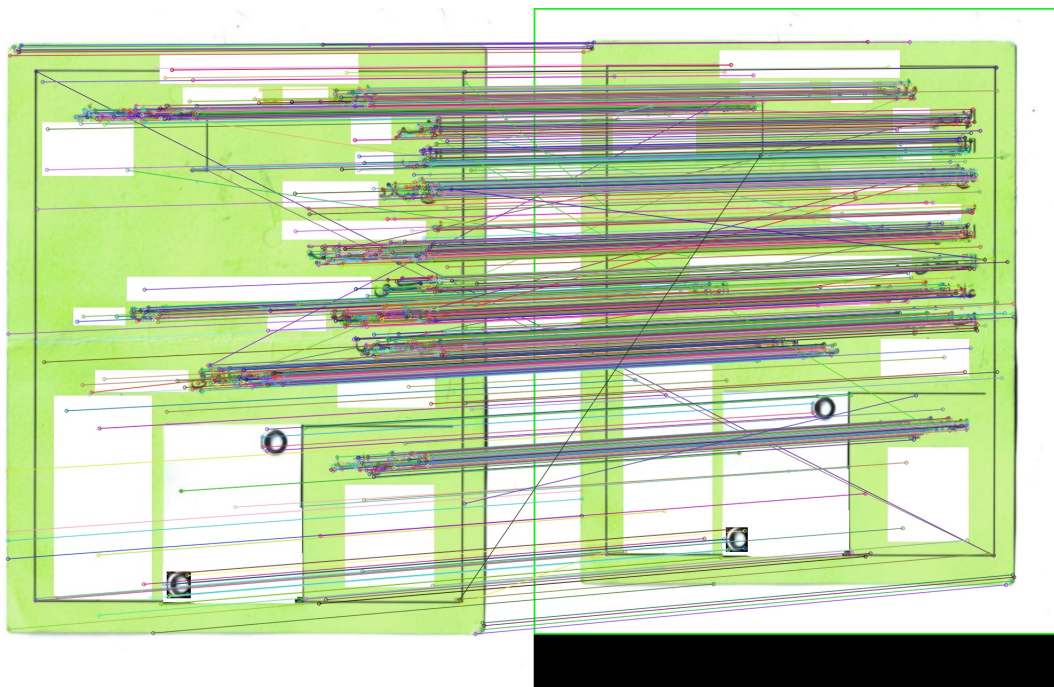


FIGURE 3.11 – Exemple de Mise en correspondance

Vérification des fausses mises en correspondance : Après avoir effectué la mise en correspondance des points similaires, il est nécessaire de prendre en compte les éventuelles fausses correspondances. Cela peut être réalisé en utilisant une technique appelée la transformation de RANSAC (Random Sample Consensus) qui cherche à trouver une transformation géométrique alignant les deux images, puis vérifie si les paires de points d'intérêt correspondent à des points alignés [Rag+12].

Une fois la mise en correspondance effectuée, une mesure de la qualité de similarité entre les images est établie. Cela permet de garantir la pertinence des transformations géométriques et des autres traitements appliqués aux images, ainsi que de déterminer le nombre minimal de correspondances entre les deux images pour considérer la correspondance comme valide. Si le nombre de correspondances trouvées est inférieur à ce seuil minimum, la correspondance est considérée comme invalide.

Si le nombre de correspondances est suffisant, le système fait appel à un ensemble d'autres images modèles pour mieux identifier l'image d'entrée et la classer.

Une fois que le système a réussi à identifier le type de pièce (lorsque le nombre de correspondances dépasse le seuil minimum), il utilise un ensemble de transformations géométriques pour effectuer des traitements visant à améliorer la qualité de l'image.

Transformation géométrique : Cette étape revêt une importance capitale dans la réalisation de ce système, car elle nous permet de résoudre les problèmes courants des images tels que la distorsion et la rotation, tout en facilitant la présentation adéquate de la pièce pour une extraction d'informations via OCR.

La difficulté de cette étape réside dans la recherche d'une transformation géométrique parmi les différentes correspondances, tout en tenant compte de la présence possible de correspondances erronées et du fait que le document recherché peut ne pas être présent dans l'image.

Il existe plusieurs méthodes disponibles pour gérer la transformation géométrique, mais RANSAC est considéré comme la référence en termes d'efficacité et de fiabilité [AJD12]. RANSAC peut se résumer dans les points suivants :

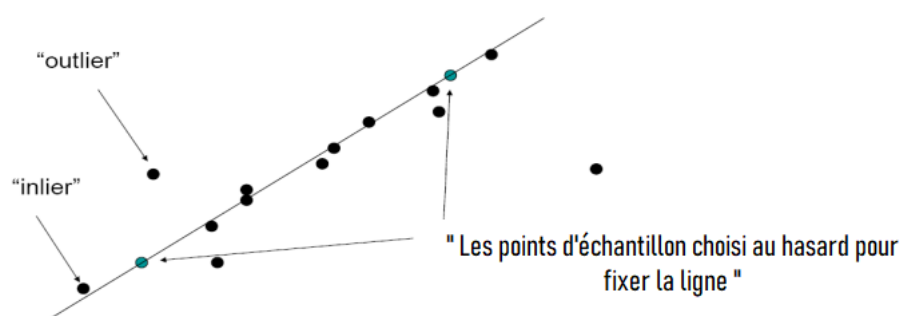


FIGURE 3.12 – Le principe fondamental de RANSAC

1. Deux correspondances sont choisies de manière aléatoire dans l'image modèle, désignées par A et B , ainsi que dans l'image requête, désignées par A' et B' . Si les distances $\|AB\|$ ou $\|A'B'\|$ sont inférieures à une valeur seuil prédéfinie, de nouvelles correspondances sont sélectionnées. Cette condition est ajoutée pour éviter les confusions entre les points, ce qui pourrait conduire à une estimation incorrecte du modèle. De plus, si les points sont trop proches les uns des autres, cela peut entraîner une estimation peu précise du modèle géométrique. La distance minimale entre deux points a été fixée à 5 pour résoudre ces problèmes potentiels [Gue11].
2. La matrice M_t est calculée avec les paramètres suivants : θ , qui représente l'angle formé par le vecteur \overrightarrow{AB} et le vecteur $\overrightarrow{A'B'}$, et α , qui est le rapport de la norme $\|AB\|$ sur la norme $\|A'B'\|$. Les valeurs de T_x et T_y sont obtenues en projetant le vecteur $\overrightarrow{AA'}$ respectivement sur les axes x et y . [Gue11].
3. Pour chaque correspondance supplémentaire, on calcule le nombre d'éléments qui confirment ce modèle. Un point est considéré comme valide s'il est transformé par la matrice M_t et correspond à une correspondance à une distance inférieure à un seuil prédéfini. Dans notre cas, ce seuil est utilisé pour déterminer si un point correspondant est considéré comme un inlier (élément valide) ou un outlier (élément non-valide). Si la distance entre un point source et son

point correspondant de destination est inférieure à 5 pixels, il est considéré comme un inlier et est utilisé pour calculer la matrice d'homographie. Sinon, il est considéré comme un outlier et est exclu du calcul.

4. Si un nombre adéquat de points est valide, le modèle de transformation testé est considéré comme valide. Dans le cas contraire, si le nombre de points valides est insuffisant, le modèle n'est pas considéré comme présent ou valide.
5. Une fois que le modèle a été validé par la méthode RANSAC et que les paramètres du modèle ont été estimés avec une grande précision en éliminant les données aberrantes, la matrice de transformation peut être calculée. Cette matrice est utilisée pour réaliser une transformation perspective sur l'image d'origine, ce qui permet d'obtenir une image transformée.

Transformation perspective : La transformation perspective appliquée à l'image d'origine permet de modifier les perspectives et les déformations afin de les aligner avec l'image modèle. Cette correction des distorsions conduit à une image transformée où les objets apparaissent redressés et alignés.

Cette étape prend en entrée l'image d'origine et la matrice de transformation homographique. En sortie, elle génère une nouvelle image dans laquelle les pixels sont remappés selon la transformation spécifiée par la matrice.

Rotation de l'image : Après l'application de la transformation perspective, il est possible que l'image subisse une rotation indésirable en raison des ajustements effectués. Cette étape prend en entrée l'image transformée et l'angle de rotation souhaité. La rotation est appliquée en ajustant les coordonnées des pixels de l'image, ce qui permet de redresser l'image et de la ramener à l'orientation souhaitée. Cela permet de corriger toute rotation indésirable introduite lors de la transformation précédente et de garantir que l'image finale est correctement alignée selon l'angle spécifié.

Réarrangement des points de contour : Le réarrangement des points de contour est réalisé afin d'obtenir les coins de la boîte englobante dans un ordre cohérent, tel que suivre une séquence horizontale ou verticale. Cette étape vise à faciliter l'analyse et le traitement ultérieur des objets détectés dans l'image, tels que des pièces d'identité. En organisant les coins de la boîte englobante de manière cohérente, il devient plus facile d'effectuer des opérations de traitement et d'analyse sur les objets détectés dans l'image.

Application de l'OCR : Une fois que nous avons identifié le type de pièce et appliqué toutes les transformations géométriques nécessaires, il est essentiel de réaliser des prétraitements afin de préparer cette image de manière optimale pour l'utilisation d'un OCR et l'extraction des informations pertinentes. Ces prétraitements visent à améliorer la qualité de l'image, à supprimer le bruit, à ajuster le contraste et la luminosité, ainsi qu'à mettre en évidence les caractères et les informations à extraire. L'objectif final est de présenter une image bien préparée et optimisée pour le processus d'OCR, afin d'obtenir des résultats d'extraction de données précis et fiables (Figure 3.13).

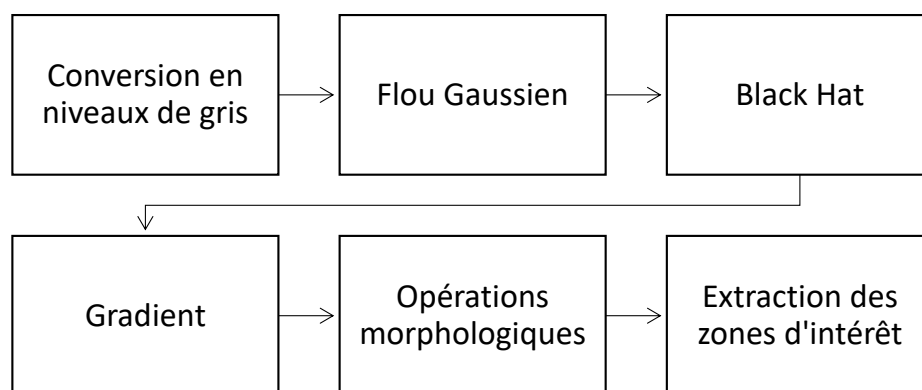


FIGURE 3.13 – Prétraitements

Conversion en niveaux de gris : La conversion de l'image RVB en échelle de gris revêt une importance cruciale, car elle permet de réduire le temps de traitement de l'image. L'image RVB, étant plus complexe que l'image en niveaux de gris, nécessite davantage de ressources pour être traitée efficacement.

En effectuant cette conversion vers l'échelle de gris, on simplifie le traitement de l'image et on allège la charge de travail pour les algorithmes qui seront utilisés ultérieurement. Cette simplification facilite la manipulation des niveaux de gris, réduit la complexité des calculs et améliore l'efficacité globale du traitement de l'image. Ainsi, cette étape de conversion permet d'optimiser les performances et de garantir des traitements plus rapides et plus efficaces.



FIGURE 3.14 – Conversion en niveaux de gris

Flou gaussien Nous utilisons une opération de flou gaussien sur l'image afin de réduire le bruit indésirable et d'améliorer sa qualité visuelle. Le flou gaussien est une technique largement utilisée qui produit un effet de flou doux en appliquant un noyau de flou spécifique. Cette méthode permet de préparer l'image en vue de traitements d'image plus avancés en éliminant les variations de pixel indésirables et en améliorant



FIGURE 3.16 – Application de Hlack hat

Calcul du gradient(Sobel) : Après avoir appliqué l'opération de blackhat, nous procédons au calcul du gradient horizontal de l'image en utilisant l'opération de Sobel. Le gradient horizontal nous permet de détecter les changements d'intensité dans la direction horizontale, ce qui révèle les contours ou les bords horizontaux présents dans l'image.

En calculant le gradient horizontal, nous sommes en mesure d'identifier les transitions d'intensité le long des lignes horizontales de l'image. Cela nous permet de mettre en évidence les contours et les structures horizontales, ce qui est particulièrement utile dans la détection des objets ou des caractéristiques qui s'étendent horizontalement dans l'image. Le calcul du gradient horizontal nous offre donc des informations précieuses sur la structure et les détails horizontaux de l'image.



FIGURE 3.17 – Résultat de l'application Sobel

Opérations de morphologie : Dans cette section, nous avons employé diverses techniques de traitement d'images dans le but d'améliorer la détection des contours et la segmentation. Tout d'abord, nous avons effectué une fermeture morphologique. Cette opération consiste à appliquer successivement une érosion suivie d'une dilatation afin de combler les trous et de connecter les régions voisines. En utilisant un noyau rectangulaire spécifique, nous avons pu améliorer la continuité des contours détectés et éliminer les petites lacunes indésirables.

Par la suite, nous avons appliqué un seuil aux valeurs des gradients calculés précédemment. Cette opération de seuillage nous a permis de convertir l'image des gradients en une image binaire, où les pixels sont classés en deux catégories : blancs pour les régions d'intérêt (contours détectés) et noirs pour les autres régions. En utilisant la méthode d'Otsu pour le seuillage adaptatif, nous avons obtenu un seuil optimal.

Ces opérations de fermeture morphologique et de seuillage jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la qualité de la segmentation. Elles permettent de supprimer

le bruit indésirable, de connecter les contours discontinus et de simplifier l'image en ne conservant que les régions d'intérêt clairement définies.

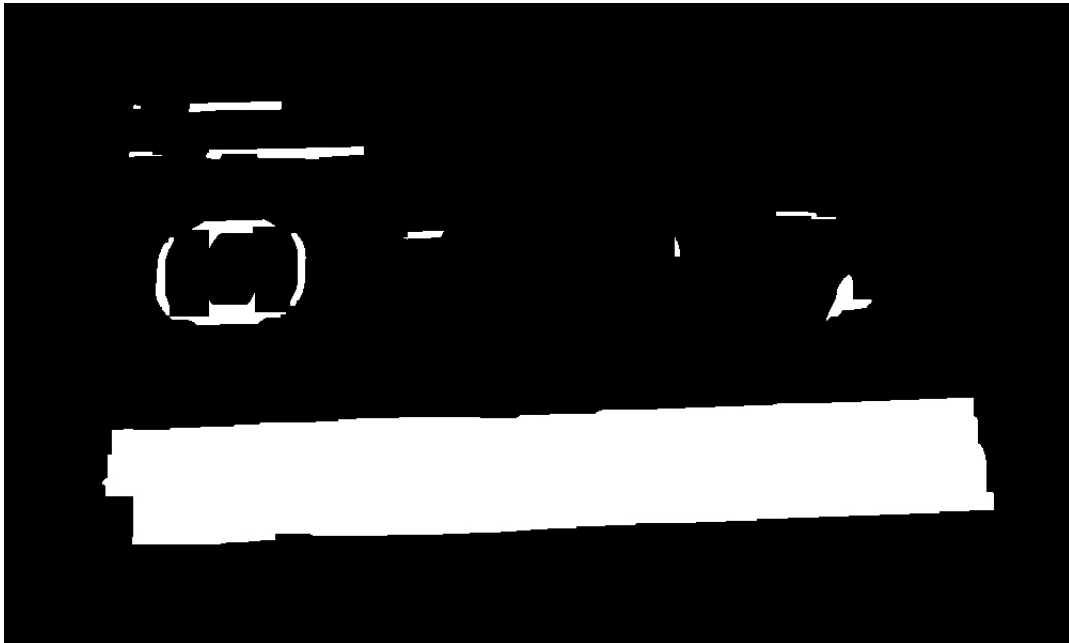


FIGURE 3.18 – Résultat des opérations morphologiques

Extraction des zones d'intérêt : Dans cette section, nous avons utilisé les contours détectés après la segmentation afin d'extraire la région principale d'intérêt de l'image.

Les étapes suivantes ont été suivies pour parvenir à ce résultat :

- **Trouver les contours :** Nous avons commencé par localiser les contours dans l'image qui avait été seuillée. Nous avons défini les paramètres de manière à obtenir uniquement les contours externes et à les approximer avec moins de points.
- **Tri des contours :** Nous avons procédé au tri des contours en fonction de leur surface (aire) afin d'identifier le contour le plus grand, supposé représenter la région d'intérêt principale.

une relation spatiale entre cette écriture et le numéro d'identification, en se basant sur une distance fixe préalablement définie.

Grâce à cette approche, nous avons réussi à localiser avec succès le numéro d'identification nationale dans la carte d'identité ancienne. Le résultat de cette localisation est présenté dans la figure 3.21, où le numéro est clairement mis en évidence.

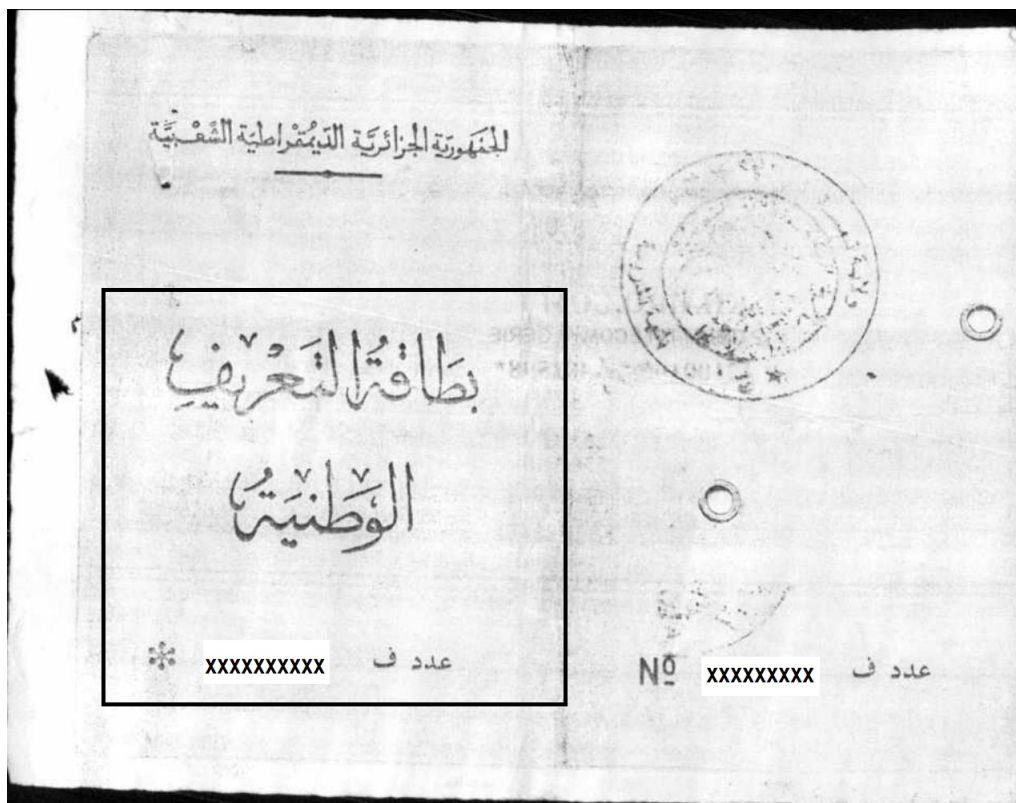


FIGURE 3.21 – Localisation du numéro d'identification nationale dans l'ancienne carte d'identité

OCR Une fois que nous avons effectué les étapes de prétraitement de l'image et de localisation des régions d'intérêt dans les deux types de cartes, nous avons procédé à la reconnaissance optique des caractères en transmettant les résultats à un moteur OCR. Pour cela, nous avons utilisé Tesseract, un moteur OCR développé par Google [Smi07].

Tesseract est un outil OCR open-source puissant qui utilise des algorithmes avancés pour analyser et interpréter les caractères présents dans une image. Il est capable de reconnaître une variété de langues et est largement utilisé dans de nombreuses applications.

En utilisant Tesseract, nous avons envoyé les régions d'intérêt extraites à ce moteur OCR afin d'obtenir une sortie textuelle. Tesseract analyse les formes, les contours et les propriétés des caractères dans les images, puis les convertit en texte éditable et interprétable par un ordinateur.



FIGURE 3.22 – Description de l'OCR

Structure de la parite MRZ : La section MRZ (Machine Readable Zone), située à l'arrière de la carte d'identité biométrique algérienne, est une zone particulière conçue pour être lue automatiquement par des machines et des systèmes de reconnaissance optique de caractères (OCR).

La structure de la zone MRZ est composée de plusieurs lignes qui renferment des informations codées de manière spécifique. Ces données incluent principalement des informations d'identification du titulaire de la carte.

Les informations couramment présentes dans la zone MRZ de la carte d'identité algérienne sont les suivantes :

- **Type de document :** Il s'agit d'un code indiquant le type de document d'identification, généralement "ID" pour la carte d'identité.

Resultat de l'OCR : Une fois que la section contenant les informations a été analysée par un moteur OCR, les résultats sont générés sous forme d'un ensemble de chaînes de caractères correspondant à la zone MRZ. Par la suite, ces chaînes de caractères sont soumises à un processus de traitement et de mise en forme. Le résultat de cette étape est illustré dans la figure ci-dessous.

```
Le Numero de la cart : 710385395
Le Nom est: desaki
Le Prénom est: yasmine
La Date de naissance est: 98.08.12
Le Genre est: homme
La Dte de validité est: 27.07.08
```

FIGURE 3.24 – Resultats

Stockage des données : Dans cette étape, notre application récupère les données obtenues à partir de l'OCR et les traduit en une structure de table SQL bien organisée.



FIGURE 3.25 – Stockage des résultats dans une Table SQL

3.4.3 Vérification des résultats

Après avoir récupéré et stocké les données dans un format spécifique, il est crucial d'effectuer une étape de réconciliation complète entre les résultats obtenus et l'ensemble des systèmes de stockage utilisés au sein de l'entreprise. Cette étape vise à assurer l'intégrité et la cohérence des données en comparant les informations capturées avec celles présentes dans les différents systèmes de stockage.

L'objectif principal de cette étape est d'identifier et de résoudre tout écart, toute incohérence ou toute inexactitude entre les données récupérées et les données existantes dans les dispositifs de stockage. Cela peut inclure la vérification de la concordance des enregistrements, des valeurs numériques, des identifiants uniques et d'autres informations clés afin de garantir une correspondance précise.

3.5 conclusion

Dans cette section, nous avons commencé par introduire l'architecture et le fonctionnement global de notre système, en décrivant les différentes étapes. Nous avons d'abord discuté de la phase de préparation des données, qui consiste à convertir les documents PDF en images. Ensuite, nous avons abordé la phase de classification d'image, où nous avons détaillé les techniques utilisées pour classer les images selon leur type.

Enfin, nous avons décrit les deux dernières étapes du processus, à savoir l'extraction des informations à partir des images et leur stockage dans un format approprié. Nous avons expliqué les méthodes et les algorithmes utilisés pour extraire les informations pertinentes des images traitées, et comment ces données sont ensuite organisées et stockées de manière efficace pour une utilisation ultérieure.

CHAPITRE 4

TESTS, RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

4.1 Introduction

Ce chapitre commence en présentant les divers paramètres utilisés à chaque étape, allant de la conversion des pièces d'identité à l'obtention des correspondances de chaînes de caractères. Ensuite, une description détaillée des outils matériels et logiciels utilisés pour accomplir cette tâche complexe est fournie. Une présentation complète de l'ensemble de données traité est ensuite donnée, suivie de l'examen des différentes mesures utilisées pour évaluer la qualité et l'efficacité du travail réalisé. Les résultats obtenus sont ensuite analysés de manière approfondie, tant d'un point de vue qualitatif que quantitatif, et interprétés en détail. Enfin, quelques pistes de recherche pour de futures études sont proposées et le chapitre est conclu.

4.2 Paramétrage

Dans cette section, nous décrivons l'ensemble des paramètres essentiels de notre système.

Paramètre	Description
<i>FLANN_INDEX_KDTREE = 1</i>	Définis le type d'algorithmes de recherche utilisé pour les correspondances entre descripteurs. Dans ce cas, il utilise l'arbre KD-Tree.
<i>dict(algorithm FLANN_INDEX_KDTREE, trees = 5)</i>	Définis les paramètres de recherche pour l'algorithme FLANN utilisé pour trouver les correspondances entre les descripteurs. Il spécifie l'algorithme FLANN utilisé (ici, l'arbre KD-Tree) et le nombre d'arbres utilisés pour l'index (on a utilisé 5)
<i>search_params = dict(checks = 50)</i>	Définis les paramètres de recherche supplémentaires pour l'algorithme FLANN. Il spécifie le nombre de vérifications effectuées pour chaque correspondance potentielle.
<i>m.distance < 0.7 · n.distance</i>	Pour chaque paire de correspondances <i>m</i> et <i>n</i> , si la distance entre <i>m</i> est inférieure à 0.7 fois la distance entre <i>n</i> , alors <i>m</i> est considérée comme une correspondance valide
<i>MIN_MATCH_COUNT = 20</i>	La constante MIN_MATCH_COUNT est définie pour spécifier le nombre minimum de correspondances nécessaires pour effectuer des opérations supplémentaires
<i>findHomography(src_pts, dst_pts, cv2.RANSAC, 5.0)</i>	Le paramètre 5.0 est le seuil de distance pour considérer une correspondance comme valide.
<i>cv2.GaussianBlur(image, (3, 3), 0)</i>	(3, 3), cela signifie que le noyau du flou gaussien aura une taille de 3x3 et 0 signifie que l'écart type sera calculé automatiquement

TABLE 4.1 – Tableau des paramètres utilisés dans les tests

4.3 Outils Matériels

Les expériences ont été menées en utilisant un ordinateur portable fonctionnant sous Windows 11. L'ordinateur était équipé d'un processeur i5 8500U cadencé à 2,8 GHz et d'une mémoire RAM de 8 Go. Les algorithmes ont été implémentés en langage Python en utilisant l'environnement de développement Jupyter. Les tests des algorithmes et des modèles ont été effectués sur une machine à distance RDP de l'entreprise, dans un souci de confidentialité et afin de pouvoir réaliser les tests sur des données réelles des clients.

4.4 Outils logiciels

4.4.1 Environnement de développement

JupyterLab

Cette solution basée sur le Web est un environnement interactif de développement qui représente la dernière avancée pour travailler avec des ordinateurs portables, du code et des données. Son interface flexible permet aux utilisateurs de personnaliser et d'organiser leurs flux de travail, que ce soit dans des domaines tels que la science des données, l'informatique scientifique, le journalisme informatique ou l'apprentissage automatique. De plus, grâce à son architecture modulaire, il est possible d'intégrer des extensions pour étendre et améliorer les fonctionnalités de base de cet environnement. [Bar+19].

Visual Studio Code

Visual Studio Code est un éditeur de code polyvalent développé par Microsoft, disponible pour les systèmes d'exploitation Windows, Linux et macOS. Parmi ses nombreuses fonctionnalités, on retrouve le support du débogage, la mise en évidence de la syntaxe, la complétion intelligente du code, l'utilisation d'extraits de code, la

refactorisation du code et l'intégration de Git. Les utilisateurs ont la possibilité de personnaliser le thème, les raccourcis clavier, les préférences, et d'installer des extensions pour ajouter des fonctionnalités supplémentaires.

Le code source de Visual Studio Code provient du projet open source VSCode de Microsoft, qui est publié sous la licence MIT permissive. Cependant, les binaires compilés sont considérés comme un freeware, ce qui signifie qu'ils sont gratuits pour toute utilisation, mais ne sont pas considérés comme un logiciel libre.[BG16].

Python

Python est un langage de programmation polyvalent et interprété, compatible avec plusieurs paradigmes et plates-formes. Il encourage la programmation structurée selon les principes impératifs, fonctionnels et orientés objet. L'une de ses caractéristiques distinctives est son typage dynamique puissant, sa gestion automatique de la mémoire grâce au ramasse-miettes, ainsi que son système de gestion des exceptions.

Python partage des similitudes avec d'autres langages tels que Ruby, Perl, Scheme, Smalltalk et Tcl. Il est également reconnu pour sa bibliothèque étendue qui propose un large éventail de modules adaptés à diverses tâches, allant des statistiques à l'apprentissage automatique, en passant par les jeux vidéo et les mathématiques.

Cependant, un inconvénient majeur de Python réside dans sa performance relative, ce qui signifie qu'il peut s'exécuter plus lentement lors de l'exécution du code par rapport à certains autres langages.[Pyt21]

TensorFlow

TensorFlow est une plateforme open source complète pour l'apprentissage automatique, offrant un écosystème flexible d'outils, de bibliothèques et de ressources communautaires. Elle permet aux chercheurs de repousser les limites de l'état de l'art en matière de machine learning et permet aux développeurs de construire et déployer facilement des applications alimentées par l'apprentissage automatique.[Dev22]

4.4.2 Description des bibliothèques utilisées

OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision) est une bibliothèque logicielle largement adoptée dans le domaine de la vision par ordinateur. Elle propose un ensemble complet de fonctions de programmation spécialement conçues pour les applications en temps réel. À l'origine développée par Intel, OpenCV a bénéficié du soutien de Willow Garage avant d'être finalement acquise par Intel après l'acquisition de la société Itseez. Cette bibliothèque est gratuite, multiplateforme et distribuée sous la licence open source BSD.

En plus de ses fonctionnalités de base, OpenCV intègre des interfaces permettant l'utilisation de cadres d'apprentissage en profondeur tels que TensorFlow, Torch/PyTorch et Caffe. Cela permet aux utilisateurs de tirer parti des capacités de ces outils pour leurs tâches de vision par ordinateur. En résumé, OpenCV offre une solution puissante et polyvalente pour la vision par ordinateur, tout en favorisant la collaboration avec d'autres cadres d'apprentissage en profondeur.[BK+00]

Numpy

NumPy est une bibliothèque de programmation pour le langage Python qui étend ses fonctionnalités en ajoutant la prise en charge de tableaux multidimensionnels et de matrices de grande taille, ainsi qu'une vaste gamme de fonctions mathématiques avancées pour effectuer des opérations sur ces tableaux. NumPy trouve ses origines dans la bibliothèque Numeric, qui a été initialement développée par Jim Hugunin avec des contributions d'autres développeurs. En 2005, Travis Oliphant a fusionné les fonctionnalités concurrentes de Numarray avec celles de Numeric, apportant ainsi des changements significatifs. NumPy est un logiciel open source, bénéficiant de nombreuses contributions de donateurs.[Oli+06]

Tesseract

Tesseract, à l'origine développé par HP Labs à Bristol et Greeley, Colorado, a été créé entre 1985 et 1994. Des modifications ultérieures ont été apportées en 1996 pour adapter la technologie à Windows, puis en 1998, le code initial a été converti en C++. En 2005, Tesseract a été libéré par HP et depuis 2006, son développement a été pris en charge par Google. La dernière version stable a été publiée le 1er juin 2017, et une version alpha du prototype a été rendue publique, intégrant déjà des réseaux de neurones dans la technologie en cours de développement.[Smi07]

4.5 La base de données

Depuis sa création, Djezzy a accumulé un volume important de données relatives à ses clients, avec un total de 90 millions de dossiers. Cette situation découle d'une particularité du système, où il est possible qu'un seul numéro soit associé à plusieurs clients en cas de désistement. Néanmoins, la gestion de cette vaste base de données représente un défi majeur pour notre entreprise.

Nous avons entrepris de travailler sur un échantillon représentatif de 3743 pièces justificatives, qui se présentent sous différents formats tels que des images JPEG ou des fichiers PDF. Ce qui caractérise cette base de données, c'est sa diversité en termes de types de pièces justificatives et de formats de fichiers.

Nombre de pièce d'identité biométrique	Nombre de pièce d'identité ancienne	Format PDF
1421	2222	100

TABLE 4.2 – Description de l'ensemble de données

4.6 Les Métriques

Les performances de notre système au niveau de la reconnaissance des différentes pièces d'identité sont mesurées en matière de Rappel et Précision. Notons **VP**, **VN** et

FP le nombre de vrai positifs, Vrais négatifs, faux positifs, et faux négatifs respectivement.

- **Vrais positifs (VP)** : Il s'agit du nombre de cartes correctement classifiées comme étant du type de pièce spécifié (par exemple, carte d'identité biométrique ou carte d'identité ancienne).
- **Faux positifs (FP)** : Cela correspond au nombre de cartes classifiées comme étant du type de pièce spécifié, alors qu'elles ne le sont pas en réalité.
- **Faux négatifs (FN)** : Cela correspond au nombre de cartes qui sont réellement du type de pièce spécifié, mais qui sont classifiées à tort comme étant d'un autre type.

La précision et le rappel : La précision et le rappel sont deux métriques utilisées pour évaluer les performances d'un modèle de classification, y compris les modèles de détection d'objets. La précision mesure la proportion des prédictions positives qui sont réellement positives, tandis que le rappel mesure la proportion des instances positives réelles détectées par le modèle.[Chi92].

$$\mathbf{Rappel} = \frac{VP}{VP + FN} \quad (4.1)$$

$$\mathbf{Précision} = \frac{VP}{VP + FP} \quad (4.2)$$

4.7 Résultats Qualitatifs

4.7.1 La reconnaissance

Image En entrée	Image résultat

TABLE 4.3 – Résultats de la reconnaissance

4.7.2 Les transformations géométriques

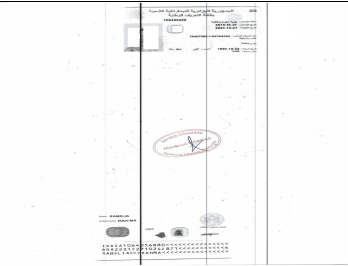

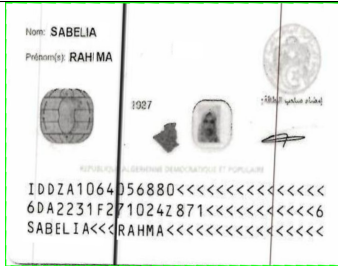

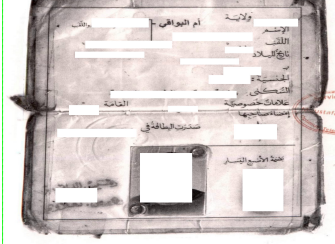


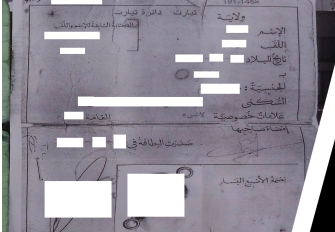

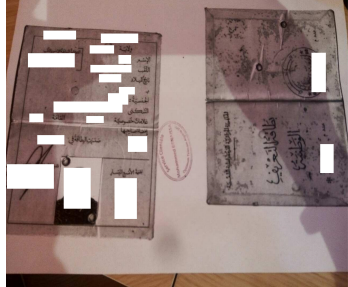
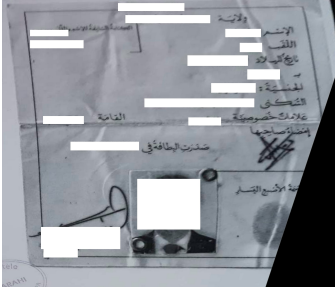

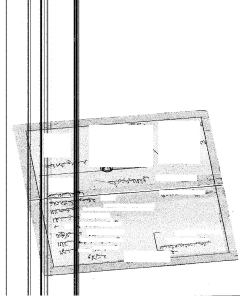
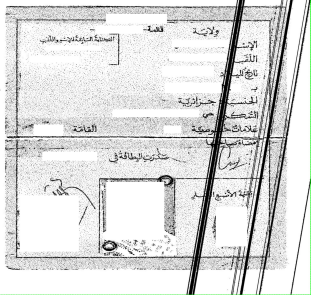
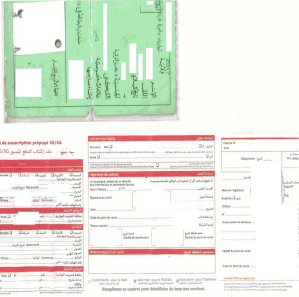

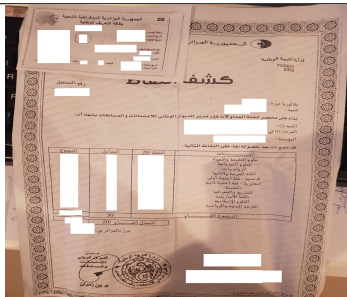

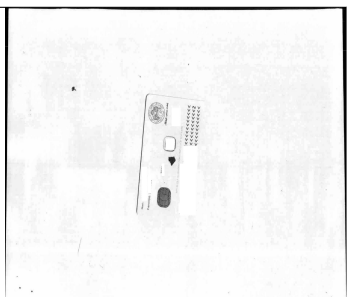


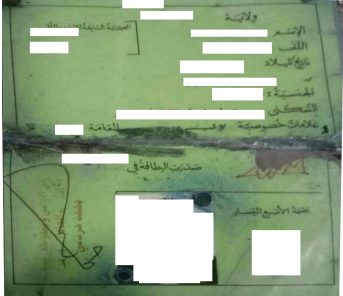
Image En entrée	Résultat recto	Résultat verso
		
		
		
		

TABLE 4.4 – Résultats des transformations géométriques sur deux pièces en même temps

Image En entrée	Résultat	Type de bruit
		<p>Bruit de capture</p>
		<p>Document tronqué</p>
		<p>Document erroné</p>
		<p>Faible résolution</p>
		<p>Mauvaise qualité du document</p>

		<p>Superposition de deux documents</p>
		<p>Rotation</p>
		<p>Distorsion de perspective</p>
		<p>Zoom</p>

TABLE 4.5 – Résultats des transformations géométriques sur différents types de bruits

4.8 Résultats Quantitatifs

Après la construction de l'ensemble de données de taille 3743 image on a pu classer ces pièces en 4 classes (Dossier dans notre cas) en matière de recto-verso de chaque

pièce d'identité. Les résultats de l'extraction des informations pertinentes et de la reconnaissance sont présentés dans les tableaux 4.6 et 4.7.

Modèles	Rappel	Précision	Temps Moyen par image
Carte Bio Recto	0.99	1	9s
Carte Bio verso	0,95	1	7s
Carte Ancienne Recto	0,98	1	10s
Carte Ancienne Verso	0,96	1	11s

TABLE 4.6 – Résultats de la reconnaissance

Type de document	Nombre de ROI crop-pés	Nombre d'informations extraites
Carte Bio verso	897	300
Carte ancienne Recto	1140	600

TABLE 4.7 – Résultats de l'extraction

4.9 Interprétation des résultats

Après avoir analysé les résultats de la reconnaissance, nous avons observé que notre système a affiché de très bons résultats en ce qui concerne la reconnaissance des divers types de pièces d'identité. Le système a réussi à identifier 97% de l'ensemble de la base de test, qui était composé de 3743 échantillons, avec une précision parfaite de 100%. Ces résultats démontrent un équilibre élevé entre la sensibilité et la précision, tout en maintenant un temps d'exécution satisfaisant, même lors du test sur une seule image. De plus, le système a fourni des statistiques sur les différents types de pièces, avec 1421 cartes biométriques et 2222 anciennes cartes identifiées.

En ce qui concerne les transformations géométriques, notre système a réussi à effectuer les transformations nécessaires sur un ensemble de données comprenant 3325

éléments. Cela inclut des opérations telles que la rotation, la correction de la distorsion et la réduction du bruit.

Notre système a également réalisé une extraction remarquable de 300 coordonnées concernant les différentes informations stockées dans la partie MRZ des pièces d'identité biométriques. De plus, il a réussi à extraire 600 numéros de carte à partir des anciennes pièces d'identité. Cependant, ces chiffres doivent encore être évalués dans le cadre de la phase de conciliation avec les données existantes.

4.10 Conclusion

Ce chapitre présente les outils matériels et logiciels utilisés dans le développement de ce travail. De plus, nous avons détaillé les différents paramètres utilisés et exposé les résultats quantitatifs et qualitatifs obtenus. Enfin, nous avons conclu par une interprétation des résultats obtenus.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire présente la conception et la réalisation d'un système de reconnaissance de caractères pour la numérisation des documents clients de Djezzy. Ce projet de fin d'étude vise à répondre au besoin de convertir les documents clients en données manipulables et stockables dans les bases de données, dans le cadre de la stratégie de transformation digitale de l'entreprise. L'objectif est d'optimiser les processus métier et de tirer parti des nouvelles technologies pour améliorer les performances et prendre une longueur d'avance sur les concurrents.

Ce projet se distingue des projets habituels chez Djezzy en raison de la problématique qu'il traite et de la méthode de résolution axée sur l'innovation et la créativité. Il ouvre de nouvelles opportunités à l'entreprise pour optimiser ses processus et explorer de nouvelles pistes.

Pour répondre aux besoins, nous avons débuté notre projet en comprenant le contexte métier. Nous avons effectué plusieurs périodes de stage pratique au sein de Djezzy, ce qui nous a permis d'acquérir une compréhension approfondie de l'environnement professionnel de l'entreprise.

La solution proposée a donné de bons résultats qualitatifs et quantitatifs et a permis de répondre partiellement aux besoins de l'entreprise.

Comme tout travail, il y a des aspects à améliorer et des perspectives à explorer dans ce projet. Les réunions organisées, les analyses effectuées et les résultats obtenus

nous ont permis de dégager des perspectives pour renforcer notre solution, notamment :

- Elaborer un modèle de reconnaissance des caractères capables de traiter différents types d'images et de langues (arabe, anglais).
- Réconcilier les données existantes afin de réduire les fausses informations dans la base de données.
- La segmentation et le traitement d'autres types de documents présents dans la base de données.
- Améliorer les performances de notre système en termes de temps d'exécution et de traitement.
- Proposer un sous-système qui permet de compléter les textes extraits en cas d'une mauvaise reconnaissance d'un ou plusieurs caractères pour augmenter davantage la performance du système.

BIBLIOGRAPHIE

- [AGV18] Pulkit AGGARWAL, Abhishek GIRI et Amol VASUDEVA. « Cloud based Smart Notice Delivery System Using OCR ». In : (2018).
- [AJD12] Olivier AUGEREAU, Nicholas JOURNET et Jean-Philippe DOMENGER. « Reconnaissance et Extraction de Pièces d'identité ». In : *Colloque International Francophone sur l'Écrit et le Document*. 2012, p. 179-194.
- [ARR99] Stefan AGNE, Markus ROGGER et Jörg ROHRSCHEIDER. « Benchmarking of document page segmentation ». In : *Document Recognition and Retrieval VII*. T. 3967. SPIE. 1999, p. 165-171.
- [Att+19] Filippo ATTIVISSIMO et al. « An automatic reader of identity documents ». In : *2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)*. IEEE. 2019, p. 3525-3530.
- [Aur+13] David AURAT et al. « Un flou adaptatif en fonction du point de focalisation pour réduire la fatigue visuelle en vision stéréoscopique ». In : *8èmes journées de l'Association Française de Réalité Virtuelle, Augmentée, Mixte et d'Interaction 3D*. 2013.
- [Bar+19] Lorena A BARBA et al. « Teaching and learning with Jupyter ». In : *Recuperado : <https://jupyter4edu.github.io/jupyter-edu-book>* (2019).

- [Bay+08] Herbert BAY et al. « Speeded-up robust features (SURF) ». In : *Computer vision and image understanding* 110.3 (2008), p. 346-359.
- [Ben90] Jon Louis BENTLEY. « K-d trees for semidynamic point sets ». In : *Proceedings of the sixth annual symposium on Computational geometry*. 1990, p. 187-197.
- [Beu90] Serge BEUCHER. « Segmentation d'images et morphologie mathématique ». Thèse de doct. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 1990.
- [BG16] Ronan T BREE et Gerry GALLAGHER. « Using Microsoft Excel to code and thematically analyse qualitative data : a simple, cost-effective approach. » In : *All Ireland Journal of Higher Education* 8.2 (2016).
- [BK+00] Gary BRADSKI, Adrian KAEHLER et al. « OpenCV ». In : *Dr. Dobb's journal of software tools* 3.2 (2000).
- [Chi92] N CHINCHOR. *MUC-4 evaluation metrics in Proc. of the Fourth Message Understanding Conference* 22–29. 1992.
- [CSC23] S CONTU, R SCHIAPPA et E CHAMOREY. « P130-Étude préliminaire sur une approche hybride OCR–NLP pour la pseudonymisation des documents médicaux scannés ». In : *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique* 71 (2023), p. 101779.
- [Dao20] Hung DAO. « Image classification using convolutional neural networks ». In : (2020).
- [Dev22] TensorFlow DEVELOPERS. « TensorFlow ». In : *Zenodo* (2022).
- [Duc99] Christine DUCOURTIEUX. « Numérisation à grand échelle, saisie sur mesure. Quelques idées à débattre inspirées par notre entrevue avec Catherine Lupovici de la Société Jouve (mai 1998) ». In : *Le médiéviste et l'ordinateur* 38.1 (1999), p. 16-18.
- [Ess21] Khaladi Ramzi ESSEGHIR YOUSSEF. « Physical Identification Snapshot Mise en place d'un OCR ». In : <https://dlibrary.univ-boumerdes.dz/> (2021).

- [FI22] KARKADI FARHA et HIRECHE ISMAIL. « FINGERPRINT RECOGNITION BY INVARIANT MOMENTS ». Thèse de doct. university of M'sila, 2022.
- [Fj099] Roger FJØRTOFT. « Segmentation d'images radar par détection de contours ». Thèse de doct. Toulouse, INPT, 1999.
- [FT14] David FAYON et Michaël TARTAR. *Transformation digitale : 5 leviers pour l'entreprise*. Pearson Education France, 2014.
- [GB00] T GADI et R BENSLIMANE. « Segmentation hiérarchique floue ». In : *Traitement du signal 7.1* (2000).
- [Gir15] Ross GIRSHICK. « Fast r-cnn ». In : *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*. 2015, p. 1440-1448.
- [GJ09] Cong GENG et Xudong JIANG. « Face recognition using sift features ». In : *2009 16th IEEE international conference on image processing (ICIP)*. IEEE. 2009, p. 3313-3316.
- [Gue11] Nadia GUERROUI. « Règles de calcul pour une recomposition d'images par apprentissage ». Thèse de doct. Annaba, 2011.
- [H K+21] Adil H KHAN et al. « Classification of skin lesion with hair and artifacts removal using black-hat morphology and total variation ». In : *International Journal of Computing and Digital Systems* 10 (2021), p. 597-604.
- [Her21] Abderrahmane HERBADJI. « Amélioration de la performance des Systèmes d'identification et authentification biométriques par des techniques multimodales avancées ». Thèse de doct. Université de M'sila, 2021.
- [HSI21] Muhammad Muttabi HUDAYA, Siti SAADAH et Hendy IRAWAN. « Implementation of Verification and Matching E-KTP with Faster R-CNN and ORB ». In : *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)* (2021).

- [KBK15] Amandeep KAUR, Seema BAGHLA et Sunil KUMAR. « Study of various character segmentation techniques for handwritten off-line cursive words : A review ». In : *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology* 3.3 (2015), p. 154-158.
- [Lar+21] Rodrigo LARA et al. « Towards an Efficient Semantic Segmentation Method of ID Cards for Verification Systems ». In : *arXiv preprint arXiv :2111.12764* (2021).
- [LB94] Eric LECOLINET et Olivier BARET. « Cursive word recognition : Methods and strategies ». In : *Fundamentals in handwriting recognition* 124 (1994), p. 235-263.
- [LGO14] Muhammad Muzzamil LUQMAN, Petra GOMEZ-KRÄMER et Jean-Marc OGIER. « Mobile phone camera-based video scanning of paper documents ». In : *Camera-Based Document Analysis and Recognition : 5th International Workshop, CBDAR 2013, Washington, DC, USA, August 23, 2013, Revised Selected Papers* 5. Springer. 2014, p. 164-178.
- [Lie+18] Hoang Danh LIEM et al. « Fvi : An end-to-end vietnamese identification card detection and recognition in images ». In : *2018 5th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science (NICS)*. IEEE. 2018, p. 338-340.
- [LVK00] Pierre Michel LALLICAN, Christian VIARD-GAUDIN et Stefan KNERR. « From off-line to on-line handwriting recognition ». In : *Proceedings of the Seventh International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition*. 2000, p. 303-312.
- [ML09] Marius MUJA et David LOWE. « Flann-fast library for approximate nearest neighbors user manual ». In : *Computer Science Department, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada* 5 (2009).
- [NA18] Ann NOSSEIR et Omar ADEL. « Automatic extraction of arabic number from egyptian id cards ». In : *Proceedings of the 7th International Conference on Software and Information Engineering*. 2018, p. 56-61.

- [NFG18] Minh Ôn Vũ NGOC, Jonathan FABRIZIO et Thierry GÉRAUD. « Saliency-based detection of identity documents captured by smartphones ». In : *2018 13th IAPR international workshop on document analysis systems (DAS)*. IEEE. 2018, p. 387-392.
- [Oli+06] Travis E OLIPHANT et al. *Guide to numpy*. T. 1. Trelgol Publishing USA, 2006.
- [PP93] Nikhil R PAL et Sankar K PAL. « A review on image segmentation techniques ». In : *Pattern recognition* 26.9 (1993), p. 1277-1294.
- [Pyt21] Why PYTHON. « Python ». In : *Python Releases for Windows* 24 (2021).
- [Rag+12] Rahul RAGURAM et al. « USAC : A universal framework for random sample consensus ». In : *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 35.8 (2012), p. 2022-2038.
- [Rao+06] Dr T Kameswara RAO et al. « Optical character recognition from printed text images ». In : *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology* 5.2 (2006), p. 597-604.
- [RDB11] Patrick ROIGNOT, Jean-Paul DONZEL et Marie-Dominique BRUNAUD. « L'utilisation des lames virtuelles en pratique quotidienne par un laboratoire de pathologie ». In : *Annales de pathologie*. T. 31. 2. Elsevier. 2011, p. 73-77.
- [RH15] Michael RYAN et Novita HANAFIAH. « An examination of character recognition on ID card using template matching approach ». In : *Procedia Computer Science* 59 (2015), p. 520-529.
- [RMS09] Amjad REHMAN, Dzulkifli MOHAMAD et Ghazali SULONG. « Implicit vs explicit based script segmentation and recognition : a performance comparison on benchmark database ». In : *Int. J. Open Problems Compt. Math* 2.3 (2009), p. 352-364.

- [Sat+19] Wira SATYAWAN et al. « Citizen id card detection using image processing and optical character recognition ». In : *Journal of Physics : Conference Series*. T. 1235. 1. IOP Publishing. 2019, p. 012049.
- [SH11] Dan J SMITH et Richard W HARVEY. « Document Retrieval Using SIFT Image Features. » In : *J. Univers. Comput. Sci.* 17.1 (2011), p. 3-15.
- [Shi+13] Cunzhao SHI et al. « Scene text recognition using part-based tree-structured character detection ». In : *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2013, p. 2961-2968.
- [Smi07] Ray SMITH. « An overview of the Tesseract OCR engine ». In : *Ninth international conference on document analysis and recognition (ICDAR 2007)*. T. 2. IEEE. 2007, p. 629-633.
- [SS02] Toufik SARI et Mokhtar SELLAMI. « Deux méthodes morphologiques pour la correction des mots Arabes issus des systèmes OCR ». In : *African conference on Research in Data processing and mathematics applied CARI*. T. 2. 2002.
- [Sun+92] Wei SUN et al. « Intelligent OCR processing ». In : *Journal of the American Society for Information Science* 43.6 (1992), p. 422-431.
- [TMA15] Paul THOMPSON, John MCNAUGHT et Sophia ANANIADOU. « Customised OCR correction for historical medical text ». In : *2015 digital heritage*. T. 1. IEEE. 2015, p. 35-42.
- [UV13] Assaf URIELI et Marianne VERGEZ-COURET. « Jochre, océrisation par apprentissage automatique : étude comparée sur le yiddish et l'occitan ». In : *Actes de TALARE 2013 : Traitement Automatique des Langues Régionales de France et d'Europe* (2013), p. 221-234.
- [Vau+10] Sébastien VAUCLIN et al. « Segmentation des images TEP au 18F-FDG. Principe et revue de la littérature ». In : *Médecine Nucléaire* 34.6 (2010), p. 358-369.

-
- [YSJ22] Jay Kant Pratap Singh YADAV, Laxman SINGH et Zainul Abdin JAFFREY.
« A Robust Automatic Fingerprint Recognition System Using Multi-Connection
Hopfield Neural Network ». In : *Traitement du Signal* 39.2 (2022), p. 683.